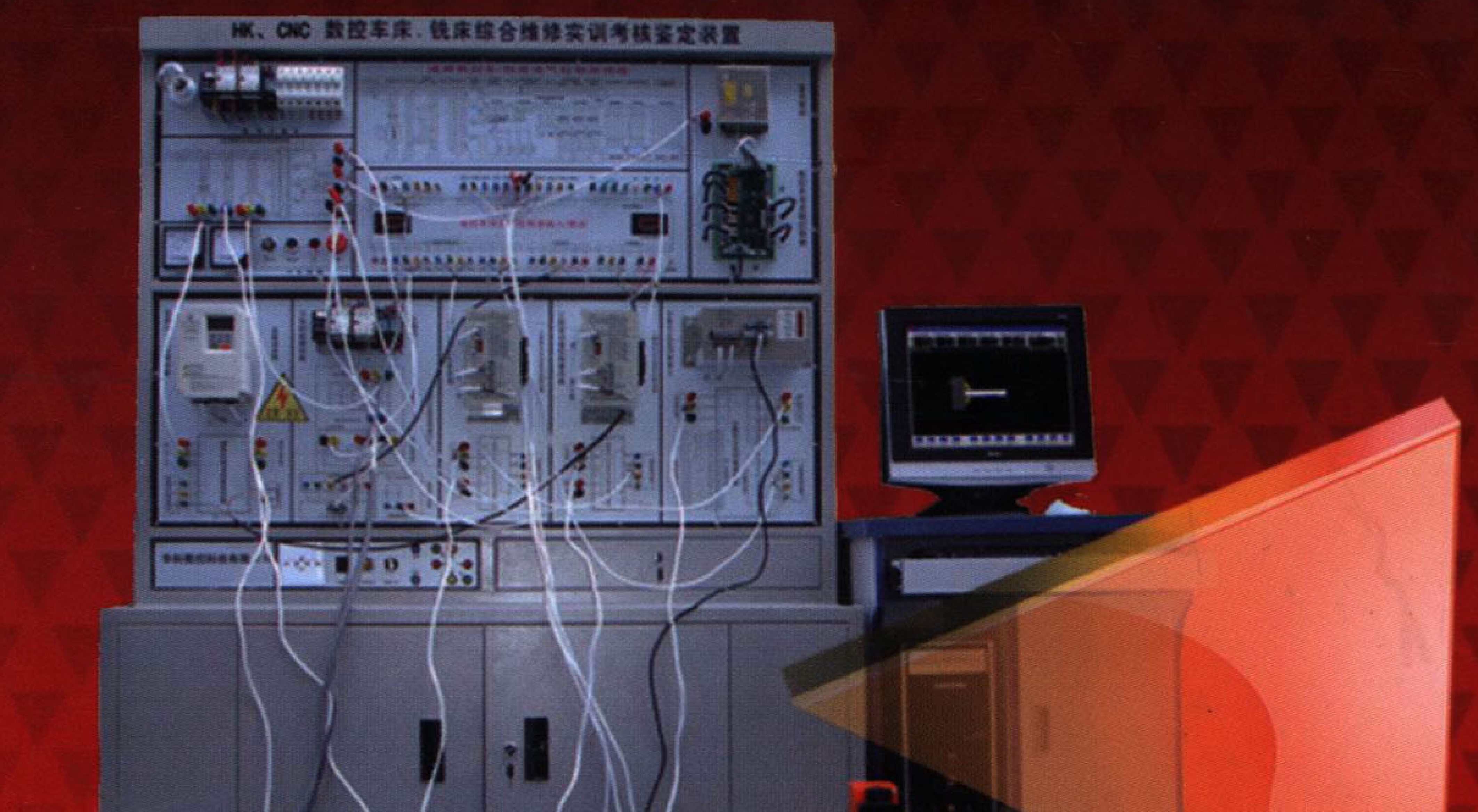
电工电子名家畅销书系

图解 数控电气一点通

李方园 等编著



含1CD

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工电子名家畅销书系

图解数控电气一点通

李方园　等编著

机 械 工 业 出 版 社

本书以数控机床为对象，在介绍数控机床通用性的基础上，以西门子802系列（经济型数控）、810D/840D（中高端数控）两大主流产品为载体，从CNC数控装置、PLC编程、主轴与进给驱动、测量装置、装调、维护等全方位介绍了实例应用。本书贴近工程实际，有很强的实用性和可操作性。

本书深入浅出、图文并茂，侧重于经济型数控和中高档数控机床电气控制系统的实际应用，可作为数控类、电气类工程技术人员的现场指导用书，还可作为大专院校机电一体化、电气自动化及其他有关专业的教材。

图书在版编目（CIP）数据

图解数控电气一点通/李方园等编著. —北京：机械工业出版社，2013.11
（电工电子名家畅销书系）
ISBN 978-7-111-45066-5

Ⅰ.①图… Ⅱ.①李… Ⅲ.①数控机床-电气系统-图解 Ⅳ.①TG659-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第294951号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：林春泉 责任编辑：赵 任
版式设计：霍永明 责任校对：胡艳萍
责任印制：张 楠
北京京丰印刷厂印刷
2014年1月第1版 · 第1次印刷
184mm×260mm · 14.5印张 · 345千字
0 001—3 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-45066-5
ISBN 978-7-89405-246-9（光盘）
定价：39.90元（含1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

出 版 说 明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达400多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内最顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料和标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟

通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 dgjslcg@ sina. com。

机械工业出版社

前　言

数控机床作为振兴国家装备产业的重要性产品，在 21 世纪得到充分的诠释，无论是进口数控机床还是对国产机床进行数控化改造都对国内产业升级起到了决定性的作用。为了使机床电气从业人员进一步吃透和消化数控电气的技术和应用，本书是一个很好的选择。

本书共 8 讲，在介绍数控机床的通用性基础上，以最流行的品牌之一——西门子公司数控机床作为切入点，以 802 系列（经济型数控）、810D/840D（中高端数控）两大主流系列进行了进一步的剖析和实例介绍。

在本书的编写过程中，得到了柳桂国博士的大力支持，为本书的第 5 讲提供了大量的技术资料，并得到了西门子（中国）有限公司、北京发那科机电有限公司、常州米高电子科技有限公司、宁波市江北数控设备厂等相关人员的帮助及提供的相当多的典型案例和维护经验。

第 1 讲主要介绍了数控机床入门、数控机床电气基础、西门子数控系统简介以及 802 系列、840D 系列等。

第 2 讲主要介绍了 PLC802 编程软件的安装、编程与相应的资源。

第 3 讲主要介绍了 STEP 7 的安装过程、硬件配置、指令介绍和程序结构。

第 4 讲主要介绍了 SIMODRIVE 611 系列驱动器、S120 驱动器和相关电动机。

第 5 讲主要介绍了编码器、光栅传感器、伺服电动机编码器的拆装要点和电动机旋变编码器的调试。

第 6 讲对 802D sl 数控系统在加工中心中的应用、WINPCIN 和进给伺服的优化做了介绍。

第 7 讲主要介绍了 810D/840D 数控系统的 PLC 操作、MD 参数设置和数控改造方案。

第 8 讲主要介绍了数控系统的数据管理、数控机床的故障诊断技术和技术答疑。

本书在编写中曾参考和引用了国内外许多专家、学者最新发表的论文和著作等资料，另外李亚峰、汪建武、钟晓强、徐咏梅、陈亚玲、叶明、刘军毅、陈亚珠、沈阿宝、胡焕啸、方定桂、章富科、李伟庄、吴於等参与了资料整理、文字录入和校对工作，作者在此一并致谢。

作者

2013 年 8 月 1 日

缩　略　语

CNC	Computer Numerical Control，数控
PLC	Programmable Logic Controller，可编程序控制器
PCU	Panel Control Unit，面板控制单元
NCK	Numerical Control Kernel，数控内核
MCP	Machine Control Panel，机床控制面板
HMI	Human Machine Interface，人机界面
MMC	Man Machine Communication，人机通信
OP	Operation Panel，操作员显示面板
MPI	Multiple Point Interface，多点通信接口
NCU	Numenrical Control Unit，数控单元
PCU	PC Unit，计算机单元
MD	Machine Data，机床数据
CNC 系统	构成数控机床的所有电气部分组合
CNC 装置	仅指数控装置，又被称为 NC（数控）或 NCU（即数控单元）
802S bl	802S base line
802C bl	802C base line
840D pl	840D power line
840D sl	840D solution line
STEP 7	适用 S7-300/400 的编程软件
STEP 7 MICRO/WIN	适用 S7-200 的编程软件
PLC802	一种应用在数控 802 系列中的 S7-200 子集
PG	西门子专用计算机编程器（可以用 PC 代替）
I/O	输入/输出
DI	数字量输入
DO	数字量输出
PROFIBUS	一种 IEC 标准的现场总线，由西门子公司率先提出
CPU315 等	西门子 S7-300 的 CPU 模块型号
PS307 等	西门子电源模块（适用 S7-300/400）
SM321 等	西门子信号模块（适用 S7-300/400）
IM360 等	西门子接口模块（适用 S7-300/400）
6SE7 * * * *	西门子产品订货号
OB/FB/FC	西门子 STEP 7 的软件结构中的组织块/功能块/功能
SFB/SFC	西门子 STEP 7 的软件结构中的系统功能块/系统功能
LAD/STL/FBD	PLC 的编程方法（梯形图/语句表/功能块）

目　录

出版说明

前言

缩略语

第 1 讲　数控机床电气概述 …… 1

1.1　数控机床入门 …… 1
1.1.1　机床概述 …… 1
1.1.2　数控机床的组成和工作原理 …… 1
1.1.3　数控车床编程的基础知识 …… 3
1.1.4　数控车床坐标系及坐标参数的识读 …… 4
1.2　数控机床的电气基础 …… 6
1.2.1　数控机床的主轴控制 …… 6
1.2.2　数控机床的进给控制 …… 8
1.2.3　数控机床的 PLC 和 CNC 装置 …… 9
1.2.4　数控机床的测量装置 …… 10
1.2.5　数控机床的 CNC 系统 …… 10
1.3　西门子数控系统简介 …… 11
1.3.1　西门子数控系统介绍 …… 11
1.3.2　西门子 802 系列数控系统 …… 12
1.3.3　西门子 810/840 系列数控系统 …… 14
1.3.4　西门子 808D 系列数控系统 …… 15
1.3.5　西门子 828D 系列数控系统 …… 15
1.4　西门子 802 系列数控系统 …… 15
1.4.1　西门子 802 系统介绍 …… 15
1.4.2　西门子 802D 数控机床的操作 …… 17
1.5　西门子 840D 数控系统 …… 21

1.5.1 西门子 840D 结构 …… 21
1.5.2 熟知西门子 840D 操作面板和机床控制面板 …… 23

第 2 讲 西门子 802 系列数控 PLC 编程 …… 26

2.1 安装与使用 Programming Tool PLC802 …… 26
2.1.1 编程工具 PLC802 的安装 …… 26
2.1.2 PLC802 的 LAD 编辑与编译 …… 26
2.1.3 PLC802 的通信与下载 …… 31
2.2 PLC802 梯形图的设计方法 …… 34
2.2.1 根据继电器电路设计梯形图的方法 …… 34
2.2.2 LAD 常见逻辑结构 …… 36
2.2.3 位逻辑指令 …… 37
2.2.4 计时器 …… 38
2.2.5 计数器 …… 40
2.3 PLC802 的数据指令与子程序 …… 42
2.3.1 数据移位指令 …… 42
2.3.2 整数和浮点数数学计算指令 …… 43
2.3.3 子程序 …… 43
2.4 PLC802 的使用资源 …… 44
2.4.1 PLC 地址定义及范围 …… 44
2.4.2 标准子程序库 …… 45
2.4.3 PLC802 的接口数据 …… 47

第 3 讲 西门子 810D/840D PLC 编程 …… 51

3.1 STEP 7 编程软件的安装 …… 51
3.1.1 STEP 7 概述 …… 51
3.1.2 STEP 7 安装概要 …… 51
3.1.3 设置 PG/PC 接口 …… 52
3.1.4 STEP 7 用户权限 …… 56
3.2 STEP 7 对象体系与 SIMATIC 管理器 …… 56
3.2.1 STEP 7 的对象与对象体系 …… 56
3.2.2 对象体系 …… 58
3.2.3 SIMATIC 管理器 …… 60
3.2.4 符号编辑器 …… 61
3.3 硬件配置与组态 …… 61
3.3.1 STEP 7 硬件配置介绍 …… 61
3.3.2 模块的寻址 …… 67
3.3.3 S7 PLC 硬件更新 …… 67

3.4　常见 STEP 7 编程指令 …… 68
3.4.1　概述 …… 68
3.4.2　STEP 7 位逻辑指令 …… 69
3.4.3　STEP 7 数据指令 …… 71
3.4.4　STL 编程常见指令 …… 74
3.5　STEP 7 程序结构 …… 79
3.5.1　STEP 7 程序结构的基本原理 …… 79
3.5.2　组织块 …… 80
3.5.3　功能块、功能和数据块 …… 81
3.5.4　用户程序中的调用体系 …… 81

第 4 讲　主轴与进给驱动 …… 82

4.1　SIMODRIVE 611 驱动器 …… 82
4.1.1　概述 …… 82
4.1.2　SIMODRIVE 611U 驱动器及其与 CNC 的连接 …… 83
4.1.3　611U 驱动器的参数设定 …… 87
4.1.4　611D 和 611A 驱动器 …… 98
4.2　S120 驱动器 …… 99
4.2.1　SINAMICS S120 概述 …… 99
4.2.2　调试软件介绍 …… 101
4.2.3　通过 PLC802 的编程合理解决 S120 故障 …… 109
4.3　西门子电动机的选用 …… 109
4.3.1　西门子 1PH7 交流异步主轴电动机 …… 109
4.3.2　西门子 1FT6 永磁同步伺服电动机 …… 113
4.3.3　西门子 1FK7 同步伺服电动机 …… 113

第 5 讲　数控测量装置 …… 115

5.1　编码器 …… 115
5.1.1　绝对式编码器 …… 115
5.1.2　增量式编码器 …… 117
5.1.3　旋变编码器 …… 118
5.1.4　编码器的应用 …… 119
5.2　光栅传感器 …… 122
5.2.1　光栅传感器的类型与原理 …… 122
5.2.2　光栅传感器的应用 …… 125
5.3　西门子伺服电动机编码器的安装与调试 …… 126
5.3.1　任务概述 …… 126
5.3.2　任务实施 …… 126

5.3.3 技术答疑 …… 130
5.4 西门子电动机旋变编码器的调试 …… 130
5.4.1 1FK7 电动机旋变编码器的零标志 …… 130
5.4.2 调试方法 …… 131

第 6 讲 西门子 802 数控系统装调 …… 132

6.1 802D sl 加工中心的电气控制和调试 …… 132
6.1.1 工艺要求及电气选型、设计 …… 132
6.1.2 调试和参数设置 …… 133
6.2 使用 WINPCIN 进行数据下载 …… 151
6.2.1 下载并安装 WINPCIN 软件 …… 151
6.2.2 WINPCIN 的安装步骤（使用 Toolbox 光盘安装） …… 151
6.2.3 硬件连接 …… 153
6.2.4 传输协议参数设置 …… 154
6.2.5 NC 程序的传输 …… 157
6.3 西门子 802 系列进给轴伺服的优化 …… 162
6.3.1 概述 …… 162
6.3.2 位置控制器的参数记录 …… 163
6.3.3 速度环的优化 …… 163
6.3.4 位置环的优化 …… 165
6.4 西门子 802D 标准子程序的调用 …… 166
6.4.1 概述 …… 166
6.4.2 802D 调用 SBR33 时的问题 …… 168

第 7 讲 西门子 810D/840D 数控系统的装调 …… 171

7.1 810D/840D 数控系统的 PLC 操作 …… 171
7.1.1 840D pl 的 PLC 硬件配置 …… 171
7.1.2 液晶手轮的 PLC 程序操作 …… 179
7.2 810D/840D 数控系统的 MD 参数设置 …… 186
7.2.1 系统参数 …… 186
7.2.2 机床数据设定举例 …… 188
7.3 利用 840D 数控系统改造现有机床 …… 190
7.3.1 大型数控卧车的 840D 数控系统改造 …… 190
7.3.2 普通落地铣镗床的 840D 数控系统改造 …… 192
7.3.3 加工中心的 840D 数控系统改造 …… 197
7.3.4 内铣机床的 840D 数控系统改造 …… 201

第 8 讲 西门子 802/810D/840D 数控系统的维护 …… 205

8.1 西门子 810D/840D 数控系统的数据管理 …… 205

8.1.1 数据管理概述 …… 205
8.1.2 硬盘备份的方法和步骤 …… 205
8.1.3 数据备份 …… 207
8.2 数控机床的故障诊断技术 …… 211
8.2.1 概述 …… 211
8.2.2 数控机床故障的性质分类 …… 211
8.2.3 数控系统自诊断 …… 212
8.2.4 数控机床故障的实用诊断方法 …… 212
8.3 技术答疑 …… 215
8.3.1 802D sl 技术答疑 …… 215
8.3.2 手轮故障技术答疑 …… 217
8.3.3 840D 技术答疑 …… 217
8.3.4 611U 系列伺服驱动器技术答疑 …… 219

参考文献 …… 222

第 1 讲
数控机床电气概述

【导读】

数控系统与被控机床本体的结合体称为数控机床。数控机床是具有高附加值的技术密集性产品，实现了高度的机电一体化。西门子数控系统融计算机化、驱动的模块化和驱动接口的数字化于一体，代表着当今数控的发展方向。基于西门子自动化的核心技术，即数控技术、伺服驱动与电动机技术、PLC 技术，西门子公司的 CNC 系统已经大量地应用在数控加工领域，实现钻、车、铣、磨等数控功能。本讲主要介绍了数控机床入门、数控机床电气基础、西门子数控系统简介以及 802 系列、840D 系列等。

1.1　数控机床入门

1.1.1　机床概述

机床是指制造机器的机器，亦称工作母机或工具机，习惯上简称机床。一般分为金属切削机床、锻压机床和木工机床等。

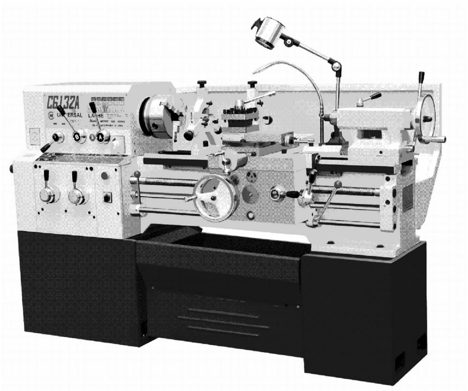
现代机械制造中加工机械零件的方法很多，除切削加工外，还有铸造、锻造、焊接、冲压、挤压等，但凡属精度要求较高和表面粗糙度要求较细的零件，一般都需在机床上用切削等方法进行最终加工。

机床包含了普通机床与数控机床。普通机床是指主要由工人手工操作进行车、铣、刨、磨等作业，生产效率低，其精度主要依靠人工测量的方式进行，适用于单件、小批生产和修配车间。图 1-1 所示为普通车床和铣床的外观。

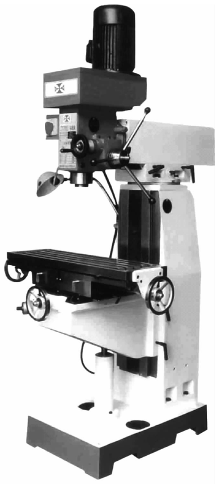
数控机床是指装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，并将其译码，用代码化的数字表示，通过信息载体输入数控装置。经运算处理由数控装置发出各种控制信号，控制机床的动作，按图样要求的形状和尺寸，自动地将零件加工出来。常见的数控机床包括数控车床、数控铣床和加工中心等（见图 1-2）。

1.1.2　数控机床的组成和工作原理

数控机床一般由输入输出设备、CNC 装置（或称 CNC 单元）、主轴/进给系统、PLC 及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 1-3 是数控机床的组成框图，其中除机床本体之外的部分统称为 CNC 系统。



a) 普通车床



b) 普通铣床

图 1-1　普通车床和铣床的外观

a) 数控车床

b) 数控铣床

c) 加工中心

图 1-2　数控机床

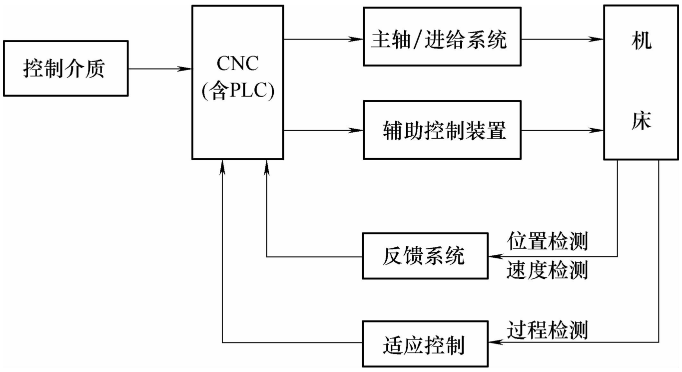


图 1-3　数控机床的组成框图

数控小贴士

CNC 是计算机数字控制机床（Computer Numerical Control）的简称。CNC 的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。1908 年，穿孔的金属薄片互换式数据载体问世；1938 年，香农在美国麻省理工学院进行了数据快速运算和传输，奠定了现代计算机，包括计算机数字控制系统的基础；1952 年，第一台数控机床问世，成为世界机械工业史上一件伟大的创举。

1.1.3　数控车床编程的基础知识

数控车床之所以能够自动加工出不同形状、尺寸及高精度的零件，是因为数控车床按事先编制好的加工程序，经其数控装置“接收”和“处理”，从而实现对零件的自动加工的控制。

如图 1-4 所示，在数控机床上加工零件通常经过以下几个步骤：

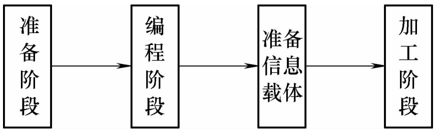


图 1-4　数控机床加工步骤

使用数控车床加工零件时，首先要做的工作就是编制加工程序。从分析零件图样到获得数控车床所需控制介质（加工程序单或数控带等）的全过程，称为程序编制，其主要内容和一般过程如图 1-5 所示。

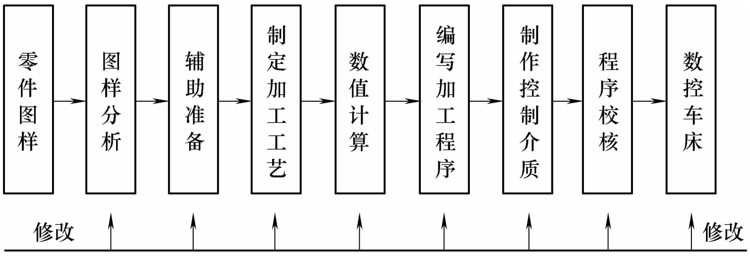


图 1-5　程序编制过程

1. 图样分析

根据加工零件的图样和技术文件，对零件的轮廓形状、有关标注、尺寸、精度、表面粗

糙度、毛坯种类、件数、材料及热处理等项目要求进行分析并形成初步的加工方案。

2. 辅助准备

根据图样分析确定机床和夹具、机床坐标系、编程坐标系、刀具准备、对刀方法、对刀点位置及测定机械间隙等。

3. 制定加工工艺

拟定加工工艺方案、确定加工方法、加工线路与余量的分配、定位夹紧方式并合理选用机床、刀具及切削用量等。

4. 数值计算

在编制程序前，还需对加工轨迹的一些未知坐标值进行计算，作为程序输入数据，主要包括：数值换算、尺寸链解算、坐标计算和辅助计算等。对于复杂的加工曲线和曲面还须使用计算机辅助计算。

5. 编写加工程序单

根据确定的加工路线、刀具号、刀具形状、切削用量、辅助动作以及数值计算的结果按照数控车床规定使用的功能指令代码及程序段格式，逐段编写加工程序。此外，还应附上必要的加工示意图、刀具示意图、机床调整卡、工序卡等加工条件说明。

6. 制作控制介质

加工程序完成以后，还必须将加工程序的内容记录在控制介质上，以便输入到数控装置中。

7. 程序校核

加工程序必须经过校验和试切削才能正式使用，通常可以通过数控车床的空运行检查程序格式有无出错或用模拟仿真软件来检查刀具加工轨迹的正误，根据加工模拟轮廓的形状，与图样对照检查。但是，这些方法尚无法检查出刀具偏置误差和编程计算不准而造成的零件误差大小，及切削用量选用是否合适、刀具断屑效果和工件表面质量是否达到要求，所以必须采用首件试切的方法来进行实际效果的检查，以便对程序进行修正。

1.1.4 数控车床坐标系及坐标参数的识读

1. 数控车床的坐标系

（1）标准坐标系

标准坐标系是一个右手直角笛卡坐标系，用 X 轴、Z 轴组成的直角坐标系进行定位和插补运动。X 轴为水平面的前后方向，Z 轴为水平面的左右方向。向工件靠近的方向为负方向，离开工件的方向为正方向。如图 1-6 所示，前、后刀座的坐标系，X 方向正好相反，而 Z 方向是相同的。坐标系的坐标轴的平面与车床的主要导轨相的平面平行。

（2）坐标中的各原点

图 1-7 所示为数控机床的坐标系，包括坐标系、坐标原点和运动方向，对于数控加工和编程是一个十分重要的概念。每一个数控机床的编程者、操作者都必须对数控机床的坐标系统有一个完全而正确的理解，现将数控机床的一些主要的原点及其机床坐标系和编程坐标系介绍如下：

1）机床原点——机床零点（出厂时制造商确定）。

2）机械原点（机械零点）——机床固定原点或机床参考点（出厂时制造商确定）。但

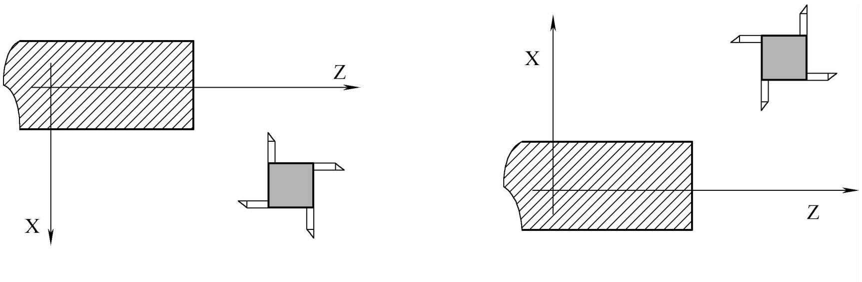


图 1-6　前、后刀座的坐标系

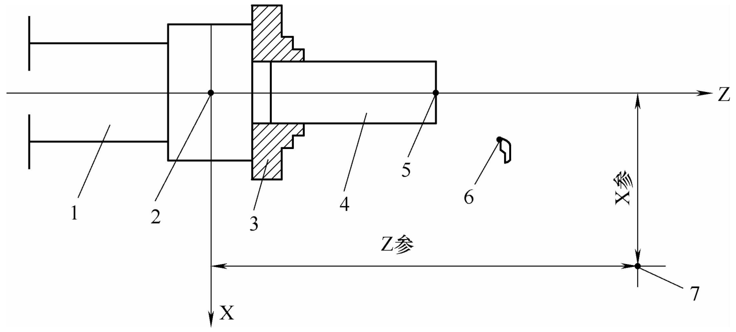


图 1-7　数控机床坐标系

1—主轴　2—机床原点　3—卡盘　4—工件　5—工件编程原点

6—程序原点　7—机械原点

一般的经济型或改造的数控机床上没有安装机械原点。

3）工件编程原点——在工件坐标上，确定工件轮廓坐标值的计算和编程的原点，它属于一个浮动坐标。

4）程序原点（刀具起始点或参考点）——刀具（刀尖）为加工程序执行时的起点。一般情况下，一个零件加工完毕刀具返回程序原点位置，等候命令执行下一个零件的加工。

2. 坐标值的确定

在编制加工程序时，为了准确描述刀具的运动轨迹，除正确使用准备功能字外还要有符合图样轮廓的地址及坐标值。要正确识读零件图样中各坐标点的坐标值，首先要确定工件编程坐标原点，以此建立一个直角坐标系，来进行各坐标点的坐标值的确定。

（1）绝对坐标值

在直角坐标系中，所有的坐标点均以直角坐标系中的原点（工件编程原点）为固定的原点，作为坐标位置的起点（0、0），如图 1-8 中，01/02 是分别建立在工件上的两个不同的工件编程原点，并以之计算各坐标点的坐标值，箭头所指的方向为正方向。绝对坐标值是指某坐标点到工件编程原点之间的垂直距离，用 X 代表径向，Z 代表轴向，且 X 向在直径编程时为直径量（实际距离的 2 倍），图 1-8 中各点的绝对坐标值如下：

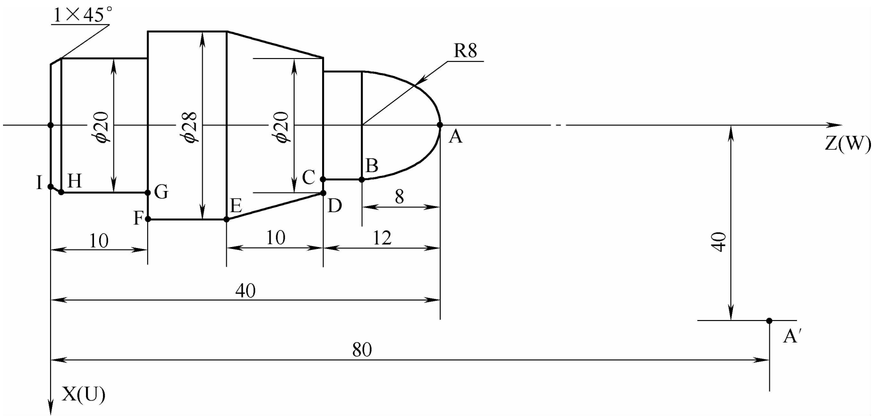


图 1-8　工件的坐标系

以 01 为工件编程原点

	X	Z
A′	80	80
A	0	40
B	16	32
C	16	28
D	20	28
E	28	18
F	28	10
G	20	10
H	20	1
I	18	0

以 02 为工件编程原点

	X	Z
A′	80	40
A	0	0
B	16	－8
C	16	－12
D	20	－12
E	28	－22
F	28	－30
G	20	－30
H	20	－39
I	18	－40

（2）增量坐标值（相对坐标值）

增量坐标值是指在坐标系中，运动轨迹的终点坐标是以起点计量的，各坐标点的坐标值是相对于前点所在的位置之间的距离（径向用 U 表示，轴向用 W 表示）。

图 1-8 中各点的增量坐标值以加工顺序是 A′→ A → B → C → D → E → F → G → H → I 为例，则各坐标点的增量坐标值为：A 点 U－80、W－40（相对于 A′点），B 点 U16 、W－8（相对于 A 点），C 点 U0、W－4（相对于 B 点），D 点 U4、W0 ，E 点 U8、W－10 ，F 点 U0、W－8 ，G 点 U－8、W0 ，H 点 U0、W－9 ，I 点 U－2、W－1 。

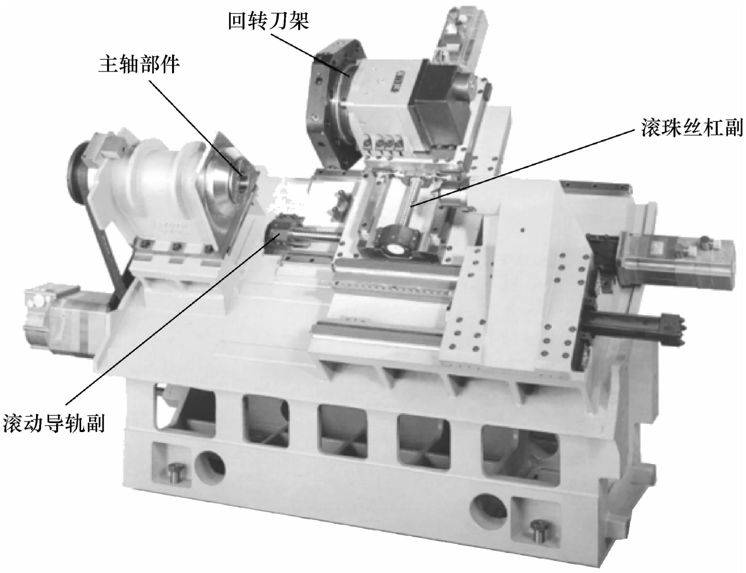
从以上各点坐标值不难看出，各点的增量坐标值都是相对于前一个点的位置而言的，而不是像绝对坐标值那样各点都是相对于工件编程原点而言的。

1.2　数控机床的电气基础

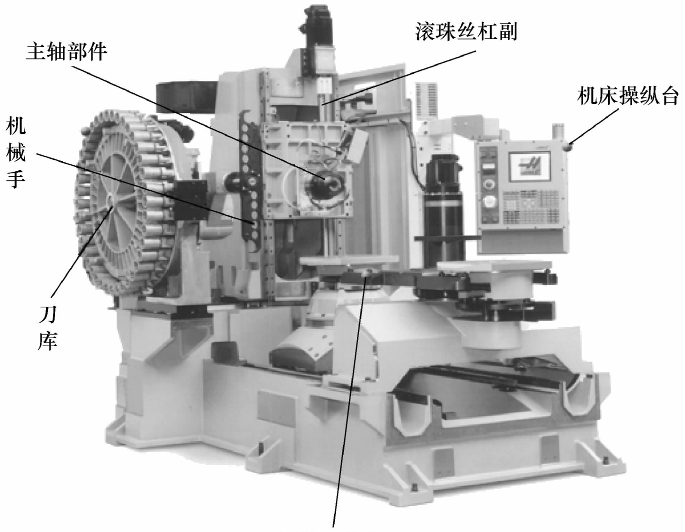
1.2.1　数控机床的主轴控制

机床主轴指的是机床上带动工件或刀具旋转的轴。通常由主轴、轴承和传动件（齿轮

或带轮）等组成主轴部件。机床主轴在机器中主要用来支撑传动零件如齿轮、带轮，传递运动及扭矩。除了刨床等主运动为直线运动的机床外，大多数机床都有主轴部件。图 1-9 所示为数控车床和加工中心的主轴部件。



a) 数控车床的主轴部件



b) 加工中心的主轴部件

图 1-9　机床主轴部件

主轴部件的运动精度和结构刚度是决定加工质量和切削效率的重要因素。衡量主轴部件性能的指标主要是旋转精度、刚度和速度适应性。

1）旋转精度：主轴旋转时在影响加工精度的方向上出现的径向和轴向跳动，主要决定

于主轴和轴承的制造和装配质量。

2）动、静刚度：主要决定于主轴的弯曲刚度、轴承的刚度和阻尼。

3）速度适应性：允许的最高转速和转速范围，主要决定于轴承的结构和润滑，以及散热条件。

数控小贴士

数控机床的主轴通常由变频器、伺服驱动器带动异步、同步电动机进行变速控制，也可以直接由电主轴驱动。变频器是通过改变电动机工作电源频率的方式来控制交流电动机的电力控制设备；伺服驱动器，其作用类似于变频器作用于普通交流电动机，可以通过位置、速度和力矩三种方式对伺服电动机进行控制，精度高于变频器。电主轴是最近几年在数控机床领域出现的将机床主轴机械部分与主轴电动机融为一体的新技术，其主轴由内装式电动机直接驱动，从而把机床主传动链的长度缩短为零，实现了机床的“零传动”。

1.2.2 数控机床的进给控制

进给是指机床连续操作中使得工件移向刀具或刀具移向工件，如在车床上，进给主要是切削工作。进给运动的大小可以用进给量来表示，即工件或刀具每转一转或往复行程一次时，刀具沿进给运动的方向上相对于工件的移动量。

数控机床中一般采用步进电动机或者伺服电动机来控制工件的移动量。图 1-10 所示为 CNC 发出指令通过伺服驱动器来控制纵向工作台和横向工作台的进给位移。

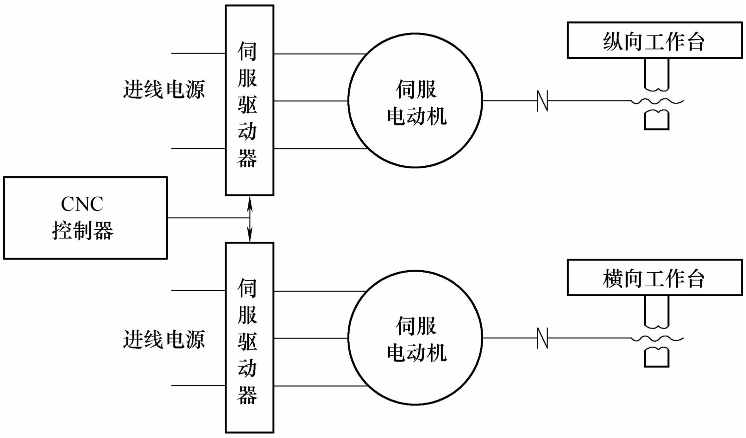


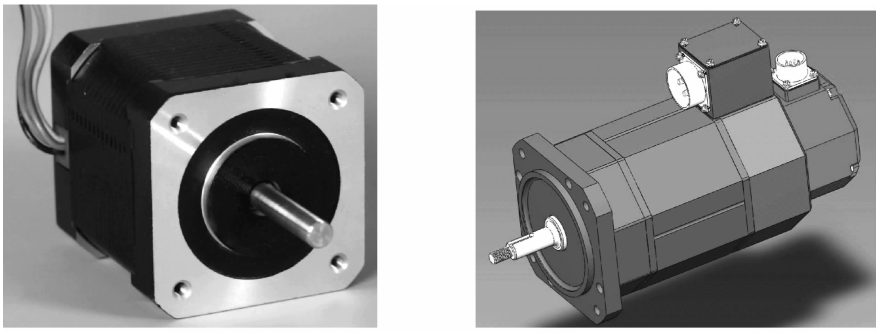
图 1-10　进给控制示例

图 1-11 所示为步进电动机和伺服电动机的外观，它们的区别有以下几点：

1）控制精度不同。步进电动机的相数和拍数越多，它的精确度就越高；伺服电动机取决于自带的编码器，编码器的刻度越多，精度就越高。

2）控制方式不同。步进电动机是开环控制，即没有位置反馈；伺服电动机是闭环控制，有位置反馈。

3）低频特性不同。步进电动机在低速时易出现低频振动现象，当它工作在低速时一般采用阻尼技术或细分技术来克服低频振动现象。伺服电动机运转非常平稳，即使在低速时也



a) 步进电动机　　　　b) 步进电动机

图 1-11　步进电动机与伺服电动机的外观

不会出现振动现象。

4）矩频特性不同。步进电动机的输出力矩会随转速升高而下降，交流伺服电动机为恒力矩输出。

5）过载能力不同。步进电动机一般不具有过载能力，而伺服电动机具有较强的过载能力。

6）运行性能不同。步进电动机的控制为开环控制，起动频率过高或负载过大易出现丢步或堵转的现象，停止时转速过高易出现过冲现象。伺服驱动系统为闭环控制，驱动器可直接对电动机编码器反馈信号进行采样，内部构成位置环和速度环，一般不会出现步进电动机的丢步或过冲的现象，控制性能更为可靠。

7）速度响应性能不同。步进电动机从静止加速到工作转速需要上百毫秒，而交流伺服系统的加速性能较好，一般只需几毫秒，可用于要求快速起停的控制场合。

数控小贴士

步进电动机是一种能将电脉冲信号转变为角位移或线位移的特殊电动机。在非超载的情况下，电动机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲数，而不受负载变化的影响。步进电动机一般由步进驱动器进行驱动。当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电动机按设定的方向转动一个固定的角度，称为“步距角”，其旋转是以固定的角度一步一步地运行的。

1.2.3　数控机床的 PLC 和 CNC 装置

PLC 是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置，专为在工业环境下应用而设计的。PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作，没有轨迹上的具体要求，它接收数控装置的控制代码 M（辅助功能）、S（主轴转速）、T（选刀、换刀）等顺序动作信息，对其进行译码，转换成对应的控制信号，控制辅助装置完成机床相应的开关动作，如工件的装夹、刀具的更换、冷却液的开关等一些辅助动作；它还接收机床操作面板的指令，一方面直接控制机床动作，另一方面将指令送往数控装置用于加工过程的控制。

CNC 装置与 CNC 系统不同，前者是指主要包括微处理器、存储器、外围逻辑电路及与

数控系统其他组成部分联系的接口等的电气部件，因此又被简称为 NC；后者是指数控机床的所有系统。其原理是根据输入的数据段插补出理想的运动轨迹，然后输出到执行部件（伺服单元、驱动装置和机床），加工出所需要的零件。因此，输入、轨迹插补、位置控制是数控装置的三个基本部分。

图 1-12 所示为数控机床的 PLC 和 NC 控制示意。

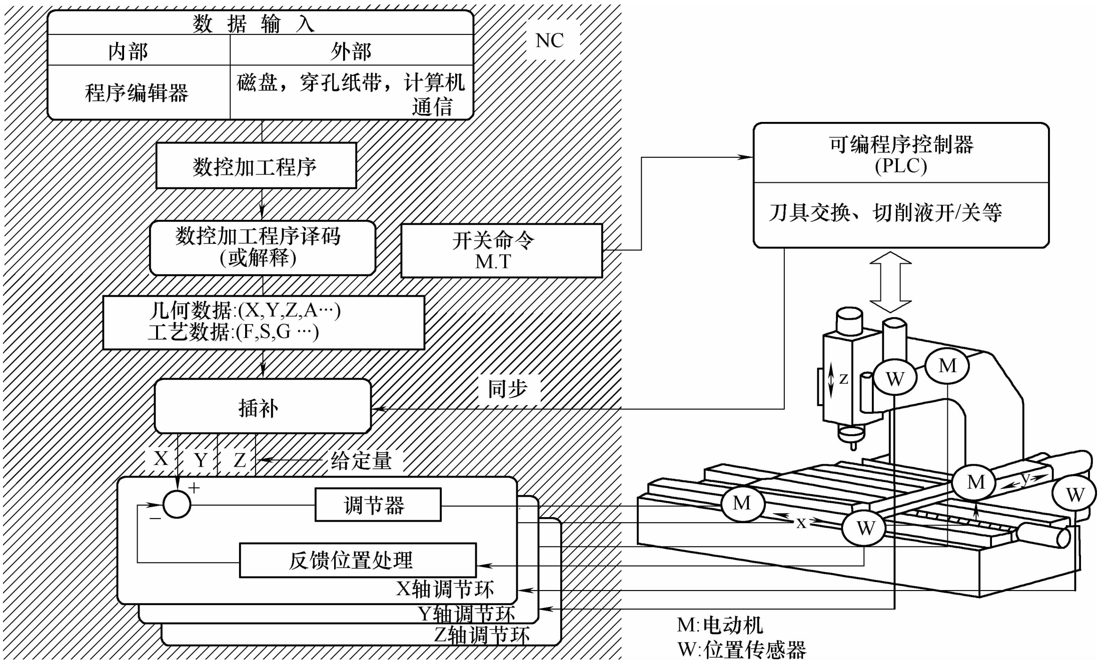


图 1-12　数控机床的 PLC 和 NC 控制示意

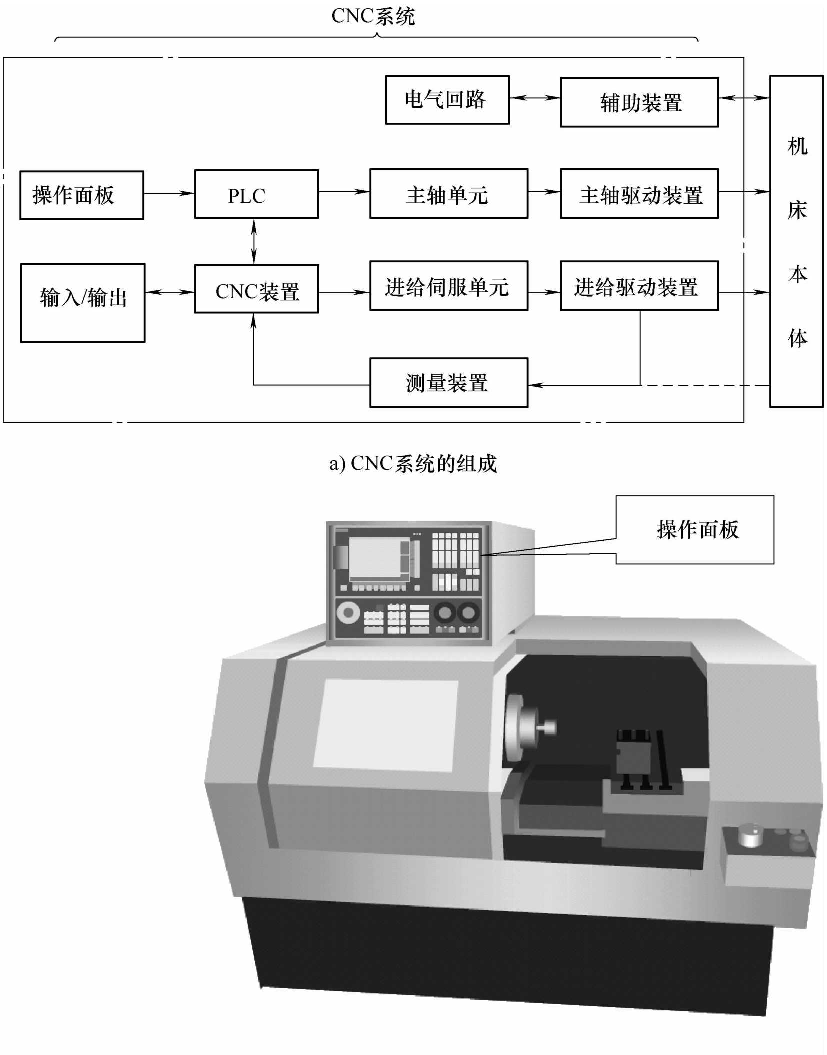
1.2.4　数控机床的测量装置

测量装置也称反馈元件，通常安装在机床的工作台或丝杠上，它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给数控装置，与指令值比较产生误差信号以控制机床向消除该误差的方向移动。此外，由测量装置和数显环节构成数显装置，可以在线显示机床坐标值，可以大大提高工作效率和工件的加工精度。常见测量装置有光电编码器、光栅尺、旋转变压器等。

按有无检测装置，CNC 系统可分为开环与闭环数控系统，而按测量装置的安装位置又可分为闭环与半闭环数控系统。开环数控系统的控制精度取决于步进电动机和丝杠的精度，闭环数控系统的精度取决于测量装置的精度。因此，测量装置是高性能数控机床的重要组成部分。

1.2.5　数控机床的 CNC 系统

数控机床的 CNC 系统一般由输入/输出装置、CNC 装置（或数控单元）、主轴单元、进给伺服单元、驱动装置、PLC 及电气控制装置、辅助装置、测量装置组成，如图 1-13a 所示。



a) CNC系统的组成

b) 机床操作面板

图 1-13　CNC 系统

图 1-13b 中的数控机床操作面板是数控机床的重要组成部件，是操作人员与数控机床（系统）进行交互的工具，主要由显示装置、NC 键盘、MCP、状态灯、手持单元等部分组成。

1.3　西门子数控系统简介

1.3.1　西门子数控系统介绍

用户在购买数控机床时或者对现有机床进行数控改造中，都会提及数控系统的品牌。在该领域中，西门子数控产品的更新也在最近几年出现了新气象，改变了过去德国电气产品贵而娇气的形象，形成了与日本数控产品不相上下的局面。

西门子 SINUMERIK 是非常适用于机床的自动控制系统。无论是小型车间加工，还是大量的成批生产，SINUMERIK 都被广泛地使用，（无论是高技术、高精度机床，还是经济型数控设备，从全球技术领先的 840D 到经济实用的 802C/S base line）。

表 1-1 所示是西门子主流数控系统的对照。注意：西门子数控系统均以 SINUMERIK 为前缀，因此在本书中将 SINUMERIK 840D 直接简称为 840D，依次类推。另外，在表 1-1 中并没有把所有的西门子 CNC 系统列出来，而只是例举了其中的 6 个典型数控类型。

表 1-1　西门子主流数控系统对照

技术指标 \ 数控类型	802S	802C	802D	810DCCU1	840D NCU571	840D NCU572/3
测量回路数	4	4	5	6	6	31
进给轴/主轴	3/1	3/1	4/1	6/1 +1	6/6	31/31
驱动系统	步进驱动	611A/U	611U	611D	611D	611D
线性插补轴	3	3	3	4	4	4/12
通道数	1	1	1	1	2	10
PLC 最大 I/O	64/64	64/64	144/96	768/768	2048/2048	2048/2048
PLC 编程	S7-200	S7-200	S7-200	S7-300 CPU314	S7-300 CPU315-2DP	S7-300 CPU315-2DP
中文环境	YES	YES	YES	YES	YES	YES
龙门同步轴	NO	NO	NO	NO	NO	YES
零件程序区 基本/最大	0. 25M	0. 25M	0. 25M	0. 25/1. 5M	0. 25/1. 5M	2. 5M
手持单元	YES	YES	YES	YES	YES	YES
等离子彩显	NO	NO	YES	YES	YES	YES
HMI 带硬盘	NO	NO	NO	YES	YES	YES
性能	经济型	经济型	经济型	中档型	中档型	高档型
主要适用机床类型	车/铣	车/铣	车/铣	车/铣/磨	铣/磨/冲	镗/铣/磨/冲

1. 3. 2　西门子 802 系列数控系统

1. 802S/C 数控系统

802S、802C 系列系统的 CNC 结构完全相同，可以进行 3 轴控制/3 轴联动；系统带有 ±10V 的主轴模拟量输出接口，可以配具有模拟量输入功能的主轴驱动系统（如变频器），是入门级的数控系统。图 1-14 所示为 802C 数控面板。

其中，802S 可以与步进驱动配套，而 802C 可以控制 3 个 1FK6 交流伺服驱动电动机和一个伺服或变频驱动主轴，同时连接 SIMODRIVE 611 数字式交流伺服驱动。

西门子 802S base line、802C base line 是专门为中国数控机床市场而开发的经济型 CNC 控制系统，其特性如下：

1）将数控单元、操作面板、机床操作面板和输入/输出单元高度集成，结构紧凑。

2）结构坚固且节省空间，可独立于其他部件进行安装。

3）机床调试配置数据少，系统与机床匹配更快速、更容易；具有友好的编程界面，保证了生产的快速进行，优化了机床的使用。

4）操作面板提供了所有的数控操作：编程和机床控制动作的按钮及8英寸液晶显示器。同时还提供12个带有LED的用户自定义键。工作方式选择、进给速度调整、主轴速度修调、数控起动与停止、系统复位均采用按键形式进行操作。

5）输入/输出为48个24V的直流输入和16个24V的直流输出。

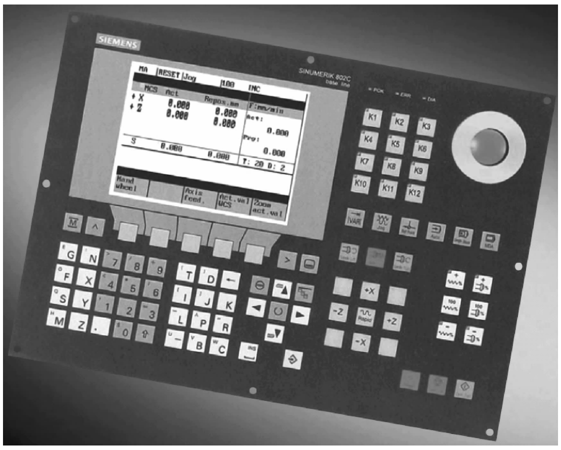


图1-14　802C数控面板

2. 802D数控系统

西门子公司在21世纪推出了802D数控系统。该系统属于中低档系统，其特点是：全数字驱动，中文系统，结构简单（通过PROFIBUS连接系统面板、I/O模块和伺服驱动系统），调试简单（通过PCMCIA卡批量调试）。

图1-15所示的802D数控系统可控制4个数字进给轴和1个主轴。主轴完全通过PCU控制，既有数字接口，也可通过模拟接口控制。使用PROFIBUS-DP总线可非常简洁地将伺服和I/O模块等系统各部件直接相连。模块化的驱动装置SIMODRIVE 611可以根据数控车床或数控铣床的需要配置各种驱动和电动机，强大的Windows工具可以非常轻松地设置驱动参数，位置测量可用电动机端编码器，也可以选用光栅尺。802D具有功能强大的PLC802，其编程工具可运行在任何PC上，其诊断功能也非常完善。

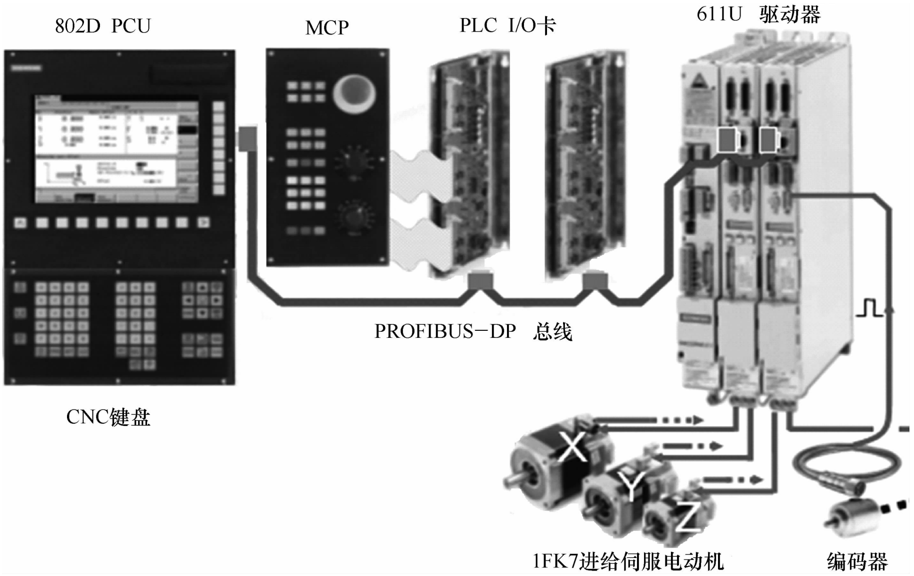


图1-15　802D数控系统的组成

802D 系统虽属于低档系统，但是基本上已经是标准的数控系统，最适合于数控车床、铣床、磨床和带小型刀库的数控加工中心的配套及改造。

1.3.3 西门子 810/840 系列数控系统

840D/810D 数控系统几乎是同时推出的，具有非常高的系统一致性，与 802 系列不同，它们是采用西门子 STEP 7 编程语言以及 S7-300 PLC 的输入/输出模块。采用 810D/840D 系统，基于 S7-300、PROFIBUS 和 HMI 等产品，客户的利益得到了非常好的维护：具有操作的一致性，编程的一致性，备件的一致性，培训、维修方便等特点。

1. 840D 数控系统

840D 与 SIMODRIVE 611D 数字驱动系统、SIMATIC S7-300 PLC 一起，构成全数字控制系统。它适于各种复杂加工任务的控制，具有优于其他系统的动态品质和控制精度。标准控制系统的特征是具有大量的控制功能，如钻削、车削、铣削、磨削以及特殊控制，这些功能在使用中不会有任何相互影响。由于开放的结构，840D 完整的系统也适于其他技术如剪切、冲压和激光加工等。

840D 的版本比较多，按照性能由低到高排序：840D、840Di，840DE，840D pl，840D sl。所谓性能指的是控制轴数、通道数、插补方式、加工方式、响应速度、补偿方式等指标的高低快慢等。同时，它们的硬件配置也大不相同。

NCU 573.5 是 840D powerline 的旗舰产品，代表着 840D 系列中的最高配置。集成式 PLC 拥有显著提高的性能。最多可有 31 个进给轴，最多 10 个加工通道，最多可执行 10 个方式组。每个通道可支持最多 12 个进给轴/主轴。使用标准版 CNC 软件，可对最多 12 个轴进行插补（多轴插补选件）。

2. 810D 数控系统

810D 是 840D 的 CNC 和驱动控制的集成型，NC CPU 和驱动集成在一块板子上，驱动的功率部分又可提供 3 个坐标和 2 个坐标两种形式。简单来说，也就是 810D 系统没有驱动接口，810D NC 软件选件的基本包含了 840D 的全部功能，例如：

1）同样的钻、铣、车等加工循环；

2）提前预测功能，可以在集成控制系统上实现快速控制；

3）坐标变换功能；

4）固定点停止可以用来卡紧工件或定义简单参考点；

5）模拟量控制模拟信号输出；

6）刀具管理也是另一种功能强大的管理软件选件；

7）样条插补功能（A，B，C 样条）用来产生平滑过渡；

8）压缩功能用来压缩 NC 记录；

9）多项式插补功能可以提高 810D/810DE 运行速度；

10）温度补偿功能保证您的数控系统在这种高技术、高速度运行状态下保持正常温度。

由此可见 810D 的功能和选件非常强大，并不低于 840D，只是它的应用场合有其特殊性，合理地利用它内部集成的驱动系统，可以减少成本并且获得高性能。因而它不仅仅局限于数控机床配套，在木加工、石材处理或包装机械等行业也有广阔的应用前景。

1.3.4 西门子808D系列数控系统

808D是西门子公司最新推出的数控系统，共有车削和铣削两个版本。

808D车削版CNC系统符合现代普及型车床的所有要求，即高轮廓精度和高动态特性，确保了最高的机床生产效率，尤其是在进行大批量车削加工时表现尤为突出。能应用于一个加工通道中最多4进给轴/主轴，同时专为斜床身和平床身数控车床定制系统软件。

808D铣削版CNC系统适用于现代普及型铣床及立式加工中心。808D内置SINUMERIK MDynamics铣削工艺包的速度控制功能，同时也适用于模具加工。

1.3.5 西门子828D系列数控系统

基于面板的828D是一款紧凑型数控系统，支持车、铣工艺应用，可选水平、垂直面板布局和两级性能，满足不同安装形式和不同性能要求的需要。完全独立的车削和铣削应用系统软件，可以尽可能多地预先设定机床功能，从而最大限度地减少机床调试所需时间，比想象的还容易。

828D集CNC、PLC、操作界面以及轴控制功能于一体，通过Drive－CLiQ总线与全数字驱动SINAMICS S120实现高速可靠通信，PLC I/O模块通过PROFINET连接，可自动识别，无需额外配置。大量高档的数控功能和丰富、灵活的工件编程方法使它可以自如地应用于世界各地的各种加工场合。

除了标准型之外，828D系列数控还推出了两款应用型产品，即828D BASIC M和828D BASIC T，前者应用于标准数控铣床，其耐用性和免维护设计特别适用于中国的使用环境；后者应用于标准数控车床，适用于苛刻的应用条件。

1.4 西门子802系列数控系统

1.4.1 西门子802系统介绍

这里以802D solution line（简称802D sl）为例进行介绍，它是802D系列中的高级CNC系统，它主要包括NC数控系统和驱动器部件。

1. NC数控系统

NC数控系统包括面板控制单元PCU 210.3、键盘（垂直键盘或水平键盘）、输入/输出模块PP72/48、机床控制面板MCP。其中，MCP可选用与PP72/48连接的机床控制面板，也可采用与MCPA连接的机床控制面板（不占用PP72/48）。PP72/48为PLC的输入/输出卡，共计120点，可以最多安装3块，共计360点（见图1-16）。

2. 驱动器部件

驱动器部件包括SINAMIC S120书本型驱动器（适用于802D sl pro&plus）或者SINAMICS S120模块式驱动器（适用于802D sl value）、伺服电动机（1FK7系列带DRIVE CLiQ同步伺服电动机）、主轴电动机（适用于802D sl pro&plus）1PH7系列带DRIVE CLiQ主轴伺服电动机，外置编码器接口模块用于连接直接测量系统。

3. 802D sl value 版本连接总图（见图 1-17）

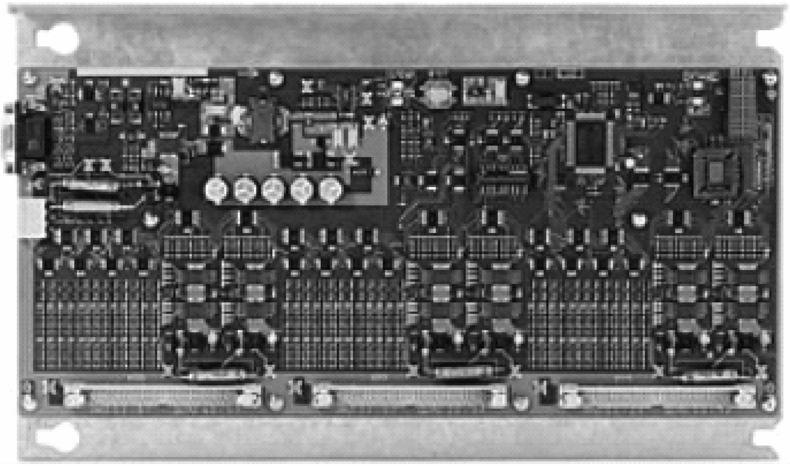


图 1-16　PP72/48 卡

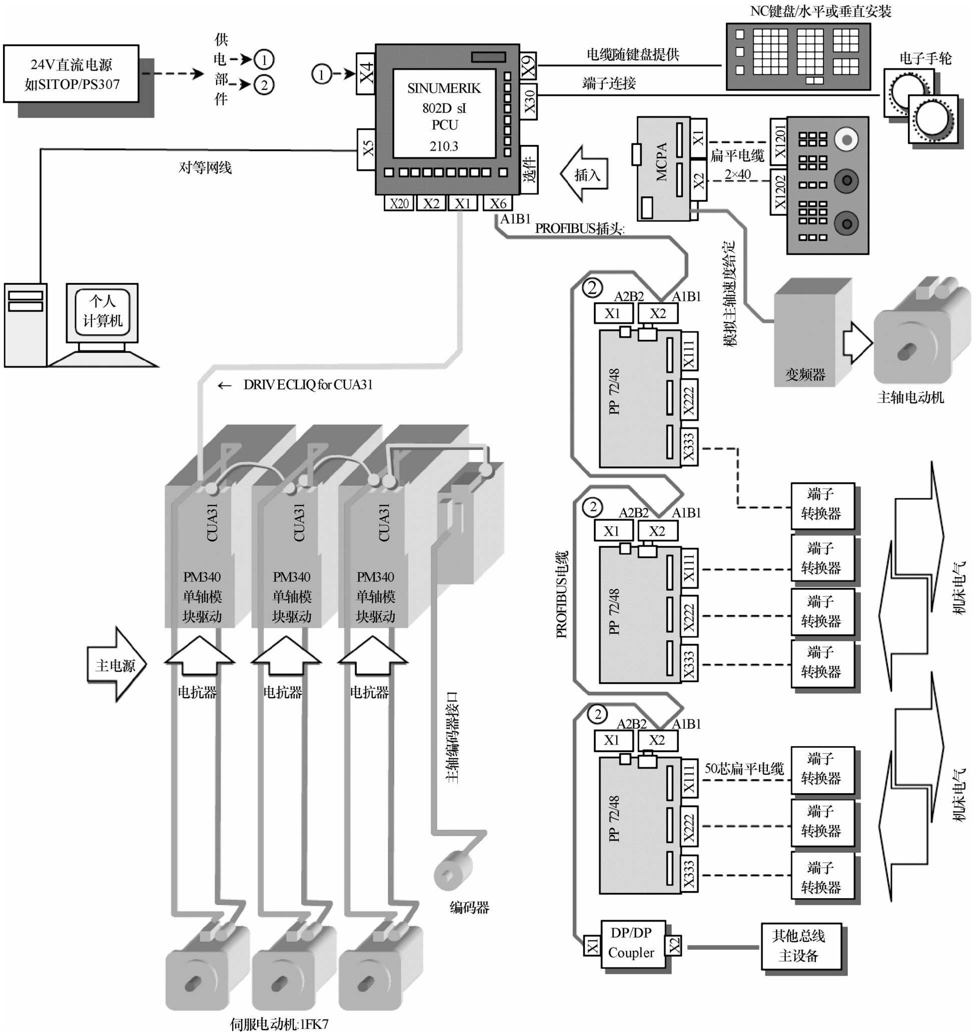
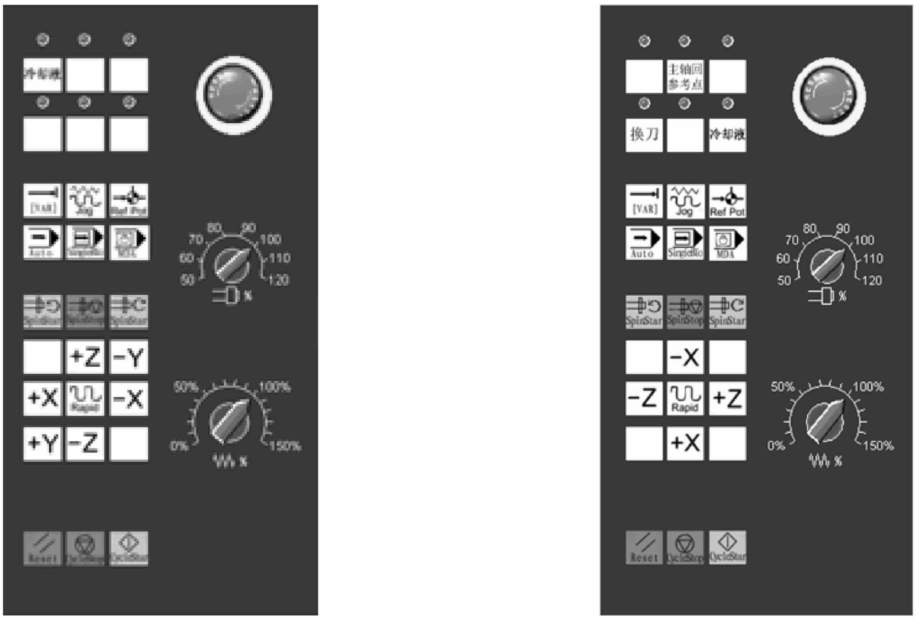


图 1-17　802D sl 接线示意

1.4.2　西门子 802D 数控机床的操作

1. 802D 系统操作面板和机床操作面板

机床操作面板位于窗口的右下侧，如图 1-18 所示。主要用于控制机床的运动和选择机床运行状态，由模式选择按钮、数控程序运行控制开关等多个部分组成。



a) 802D 铣床面板　　　　b) 802D 车床面板

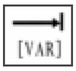
图 1-18　802D 机床操作面板

MDA 用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序；

AUTO 进入自动加工模式；

JOG 手动模式，手动连续移动各轴；

REF 回参考点模式；



VAR 增量选择；

SINGL 自动加工模式中，单步运行；

SPINSTAR 主轴正转；

SPINSTAR 主轴反转；

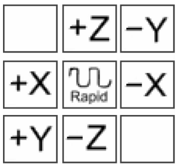
SPINSTP 主轴停止；

RESET 复位键；

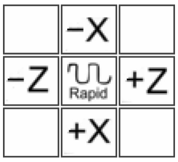
CYCLESTAR 循环起动；

CYCLESTOP 循环停止；

RAPID 快速移动；

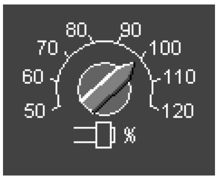


方向键：选择要移动的轴（SIEMENS 802D 铣床）；

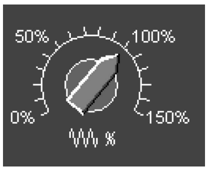


方向键：选择要移动的轴（SIEMENS 802D 车床）；

紧急停止旋钮；



主轴速度调节旋钮；

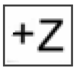
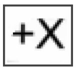
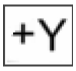


进给速度（F）调节旋钮。

2. 手动操作数控机床

接通机床电源，系统起动以后进入“加工”操作区“JOG”模式，出现“回参考点窗口”（见图 1-19）。

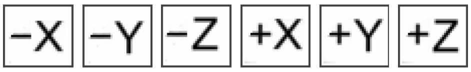
（1）回参考点——“加工”操作区

“回参考点”只有在“JOG”模式下可以进行。按 键，按顺序点击，即可自动回参考点。在“回参考点”窗口中显示该坐标轴是否回参考点（见图 1-20）。

○：坐标未回参考点；

◕：坐标已到达参考点。

（2）“JOG”模式——“加工”操作区

在“JOG”模式中，可以移动机床各轴（见图 1-21）。选择 JOG 模式，按方向键可以移动三轴。这时，移动速度由进给旋钮控制。

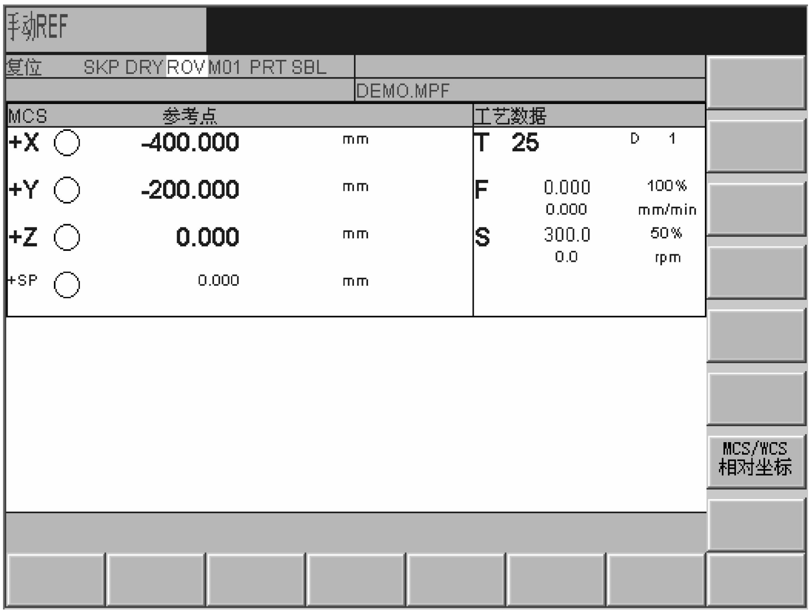


图 1-19 系统起动

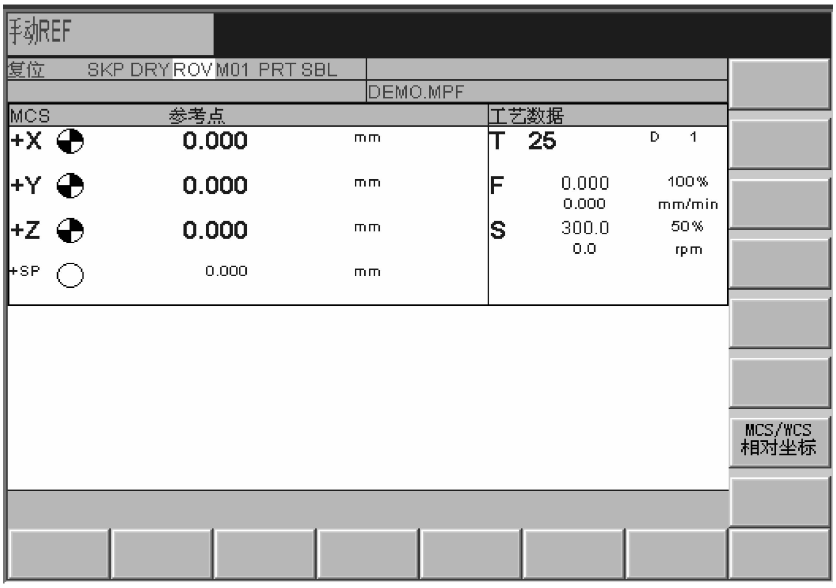


图 1-20 回参考点状态

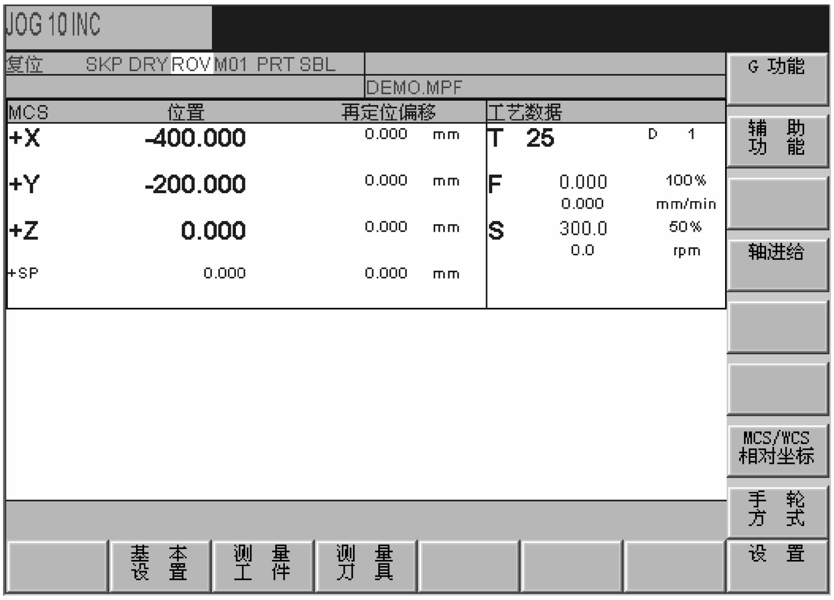


图 1-21 “JOG”状态图

(3)“手轮”模式——“加工”操作区

在“HAND”模式中，可以移动机床（见图 1-22）。选择“HAND” 运行方式。

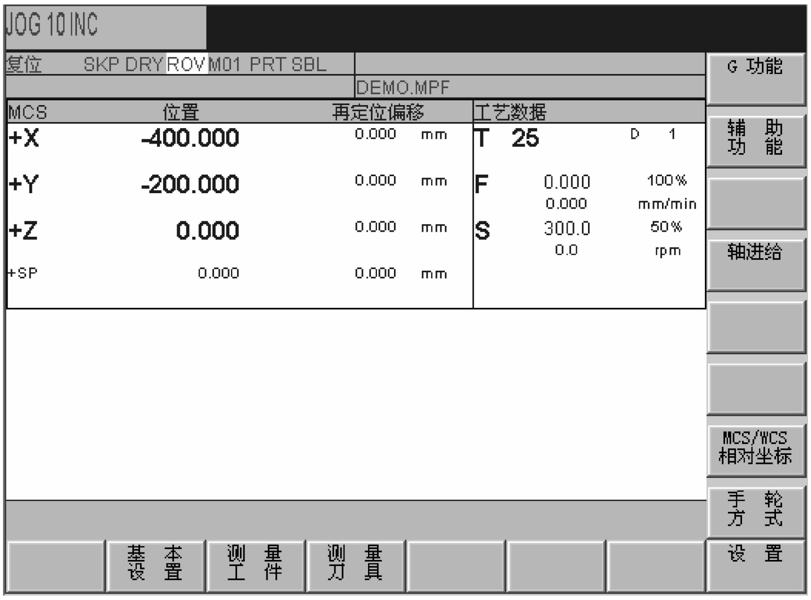
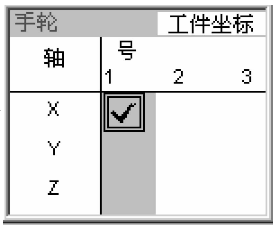
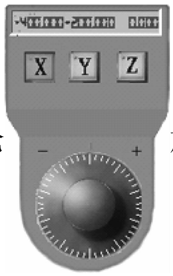


图 1-22 “手轮”模式

也可以选择 X 或 Z 轴

，调节手轮

旋转移动距离。

其他操作模式请参考西门子公司数控手册，不在此赘述。作为电气安装调试或维护人员，适当地了解数控机床的工艺操作是非常有必要的。

1.5 西门子 840D 数控系统

1.5.1 西门子 840D 结构

图 1-23 所示的西门子 840D 是由数控及驱动单元（CCU 或 NCU）、MMC、PLC 模块三部分组成，由于在集成系统时，总是将 SIMODRIVE 611D 驱动和数控单元（CCU 或 NCU）并排放在一起，并用设备总线互相连接，因此在说明时将两者划归一处。

1. 人机界面

人机界面负责 NC 数据的输入和显示，包括：OP（Operation Panel）单元、MMC（Man Machine Communication）、MCP（Machine Control Panel）三部分。

（1）MMC

MMC 实际上就是一台计算机，有自己独立的 CPU，还可以带硬盘，带软驱；OP 单元正是这台计算机的显示器，而西门子 MMC 的控制软件也在这台计算机中。

最常用的 MMC 有两种：MMC100.2 和 MMC103。其中，MMC100.2 的 CPU 为 486，不能带硬盘；而 MMC103 的 CPU 为奔腾，可以带硬盘。一般用户为 810D 配 MMC100.2，而为 840D 配 MMC103。

PCU（即 PC Unit）是专门为配合西门子最新的操作面板 OP10、OP10S、OP10C、OP12、OP15 等而开发的 MMC 模块。目前，有三种 PCU 模块—PCU20、PCU50、PCU70。PCU20 对应于 MMC100.2，不带硬盘，但可以带软驱；PCU50、PCU70 对应于 MMC103，可以带硬盘。图 1-24 所示为 PCU50 的外观。PCU 的软件被称作 HMI，HMI 分为两种：嵌入式 HMI 和高级 HMI。一般标准供货时，PCU20 装载的是嵌入式 HMI，而 PCU50 和 PCU70 则装载高级 HMI。

（2）OP

OP 单元一般包括一个 10.4″ TFT 显示屏和一个 NC 键盘。根据用户不同的要求，西门子为用户选配不同的 OP 单元，如：OP030，OP031，OP032，OP032S 等，其中 OP031 最为常用。

（3）MCP

MCP 是专门为数控机床而配置的，它也是 OPI 上的一个节点，根据应用场合的不同，其布局也不同，目前有车床版 MCP 和铣床版 MCP 两种。对 810D 和 840D，MCP 的 MPI 地址分别为 14 和 6，用 MCP 后面的 S3 开关设定。

对于840D应用了MPI总线技术，传输速率为187.5k/s，OP单元为这个总线构成的网络中的一个节点。为提高人机交互的效率，又有OPI（Operator Panel Interface）总线，它的传输速率为1.5M/s。

2. 数控、PLC及驱动单元

（1）NCU数控单元

840D的数控单元被称为NCU单元，即数字控制单元，负责NC所有的功能，机床的逻辑控制，还有和MMC的通信。它由一个COM CPU板、一个PLC CPU板和一个DRIVE板组成。

根据选用硬件如CPU芯片等和功能配置的不同，NCU分为NCU561.2，NCU571.2，NCU572.2，NCU573.2（12轴），NCU573.2（31轴）等若干种。

同样，NCU单元中也集成840D数控CPU和SIMATIC PLC CPU芯片，包括相应的数控软件和PLC控制软件，并且带有MPI或PROFIBUS接口、RS232接口、手轮及测量接口、PCMCIA卡插槽等，所不同的是NCU单元很薄，所有的驱动模块均排列在其右侧。

（2）伺服驱动

运动控制的执行部分，由611D驱动器、S120驱动器、1FT6（1FK6）电动机等组成。

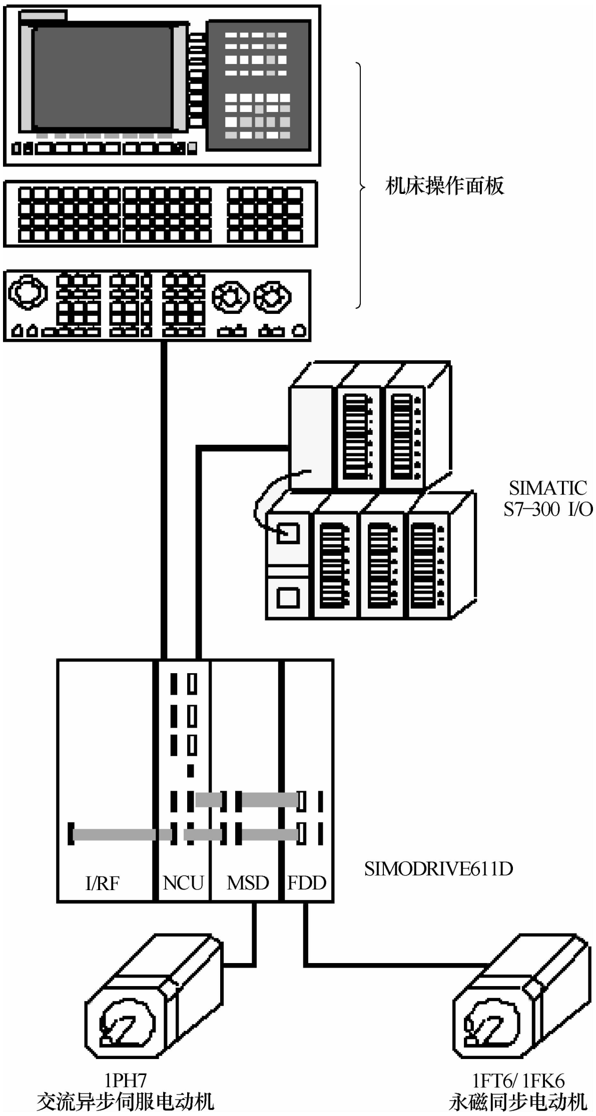


图1-23 840D的结构

（3）PLC模块

如图1-25所示，810D/840D系统的PLC部分使用的是西门子SIMATIC S7-300的软件及模块，在同一条导轨上从左到右依次为电源模块（Power Supply，PS）、接口模块（Inteface Module，IM）、信号模块（Signal Module，SM）。PLC的CPU与NC的CPU是集成在CCU或NCU中的。

3. 840D的优点

西门子840D的优点就是三合一的CPU结构：人机通信CPU即MMC—CPU；可编程序控制逻辑控制器CPU即PLC—CPU；数字控制CPU即NC—CPU。三部分在功能上既相互分工，又互为支持。图1-26是三者之间的相互关系。

在物理结构上PLC—CPU和NC—CPU合为一体，合成在NCU中，但在逻辑功能上相互独立。

图 1-24 PCU50 的外观

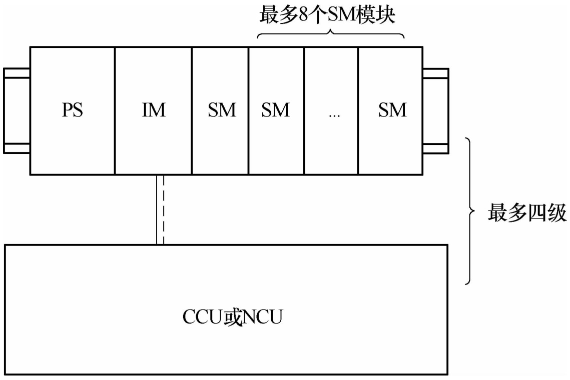


图 1-25 PLC 模块与 NCU 的关系

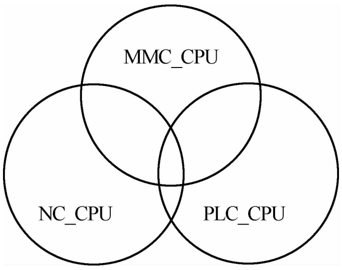


图 1-26 三者之间的相互关系

1.5.2 熟知西门子 840D 操作面板和机床控制面板

1. 840 D 操作面板

图 1-27 所示为 840D 操作面板。

1）16”寸彩色图像显屏带 8 个集成自定义软键；

2）8 个横向集成自定义软键；

3）8 个竖向集成自定义软键；

4）加工选择软键；

5）返回键：返回上一层菜单键；

6）扩展键：扩展同一层次的菜单；

7）区域转换键：返回显示器的基本画面；

8）字母-数字键；

9）带控制键盘和输入键的修正/光标键。

2. 840 D 机床控制面板

图 1-28 所示为 840D 常见的一种机床操作面板。

图 1-27　840D 操作面板

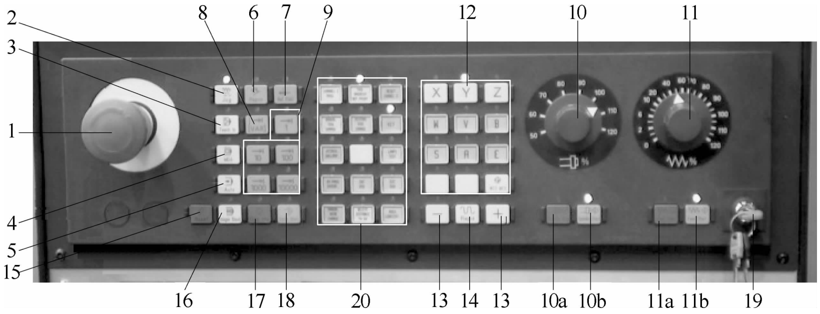


图 1-28　机床操作面板

1-EMERGENCY 紧急停止按钮；

2-JOG forward 手动方式按钮；

3-TEACH IN 示教按钮；

4-MDA 方式按钮；

5-AUTOMATIC 自动方式按钮；

6-REPOS 返回中断点功能按钮；

7-REFPOINT 走参考点功能按钮；

8-INC VAR 设定增量值功能按钮；

9-INC 增量值功能按钮（从 0.001 ~ 10mm）；

10-Spindle Override 主轴转速倍率开关；

10a-Spindle Stop 主轴转速暂停键；

10b-Spindle Start 主轴转速启动键；

11-Override axes travel/rapid 轴进给倍率开关；

11a-Stop travel 进给暂停键；

11b-Start travel 进给启动键；

12-Axis choice pushbutton 轴的选择按钮；

13-Directional pushbuttons（+/-）（+/-）方向健；

14-快速键（轴的快速移动）；

15-Reset 复位键；

16-Single block 单段键；

17-Stop NC 启动键；

18-Start NC 停止键；

19-有 4 个位置的钥匙键：位置 0 = 仅显示数据；位置 1 = 建立、删除和编辑工件数据；位置 2 = 数据交流，建立档案和设定、编辑和删除数据；位置 3 = 启动时，系统先装入 MMC 西门子标准数据，所有数据由密码保护；

20-由 PAMA 定义的用户键。

第2讲 西门子802系列数控PLC编程

【导读】

在数控机床中，PLC是CNC系统的重要组成部分，其作用包括接收来自零件加工程序的开关功能信息（辅助功能M、主轴转速功能S、刀具功能T）、机床操作面板上的开关量信号及机床侧的开关量信号，并进行逻辑处理，完成输出控制功能，实现各功能及操作方式的联锁。根据不同的CNC系统，其内装的PLC类型也不相同。西门子802系列CNC系统以PLC802为主，即西门子S7-200 PLC。本讲主要介绍了PLC802编程软件的安装、编程与相应的资源。

2.1 安装与使用 Programming Tool PLC802

2.1.1 编程工具PLC802的安装

编程工具PLC802是以西门子S7-200的STEP 7-Micro/WIN 32工具为基础，编程工具PLC802使用Micro/WIN的部分功能，其编程使用梯形图语言。

1. 下载PLC802的安装文件列表

PLC802的安装文件可以直接从西门子官方网站www. ad. siemens. com. cn下载，也可以在本书所提供的光盘中搜索“PLC802. rar”文件获得。PLC802安装软件解压后如图2-1所示，选择“Setup. exe”文件后即可进行安装。

2. 安装文件并设置为中文界面

在安装过程中需要注意选择英语，如图2-2所示。

图2-3所示为编程软件PLC802 V3. 1. 3. 7的安装过程。

图2-4所示为PLC802安装后的英文界面。此时，可以将它修改为中文界面，即选择主菜单的Tools下的Options选项（见图2-5），只要根据图2-6所示选择Chinese即可更换为中文界面。

图2-7所示为PLC802的中文界面，包括浏览条、指令树、交叉引用、程序块、状态图、符号表等。

2.1.2 PLC802的LAD编辑与编译

1. 梯形图逻辑元素及其工作原理

梯形图（LAD）是一种与电气中继图相似的图形语言。当在LAD中写入程序时，使用

图形组件，并将其排列成一个逻辑网络。下列类型在创建程序时可以使用：

触点⊣⊢代表电源可通过的开关。电源仅在触点关闭时通过正常开启的触点（逻辑值1）；电源仅在触点打开时通过正常关闭或否定（非）触点（逻辑值0）。

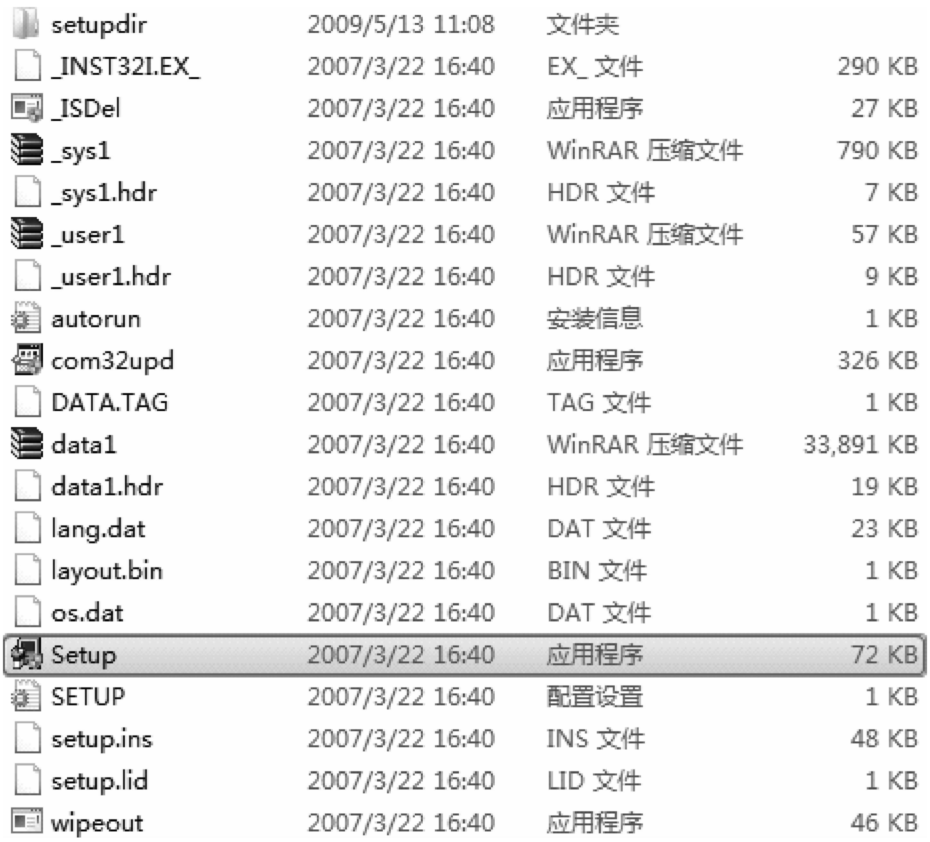


图 2-1　PLC802 编程软件的安装文件列表

图 2-2　选择设置语言

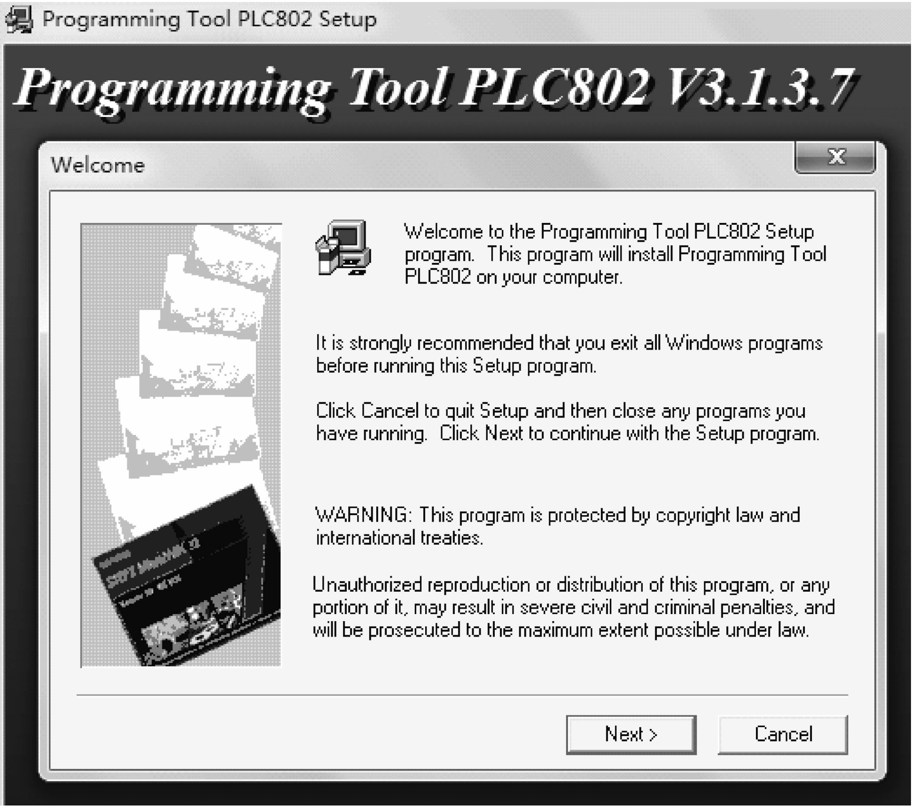


图 2-3　PLC802 软件安装过程

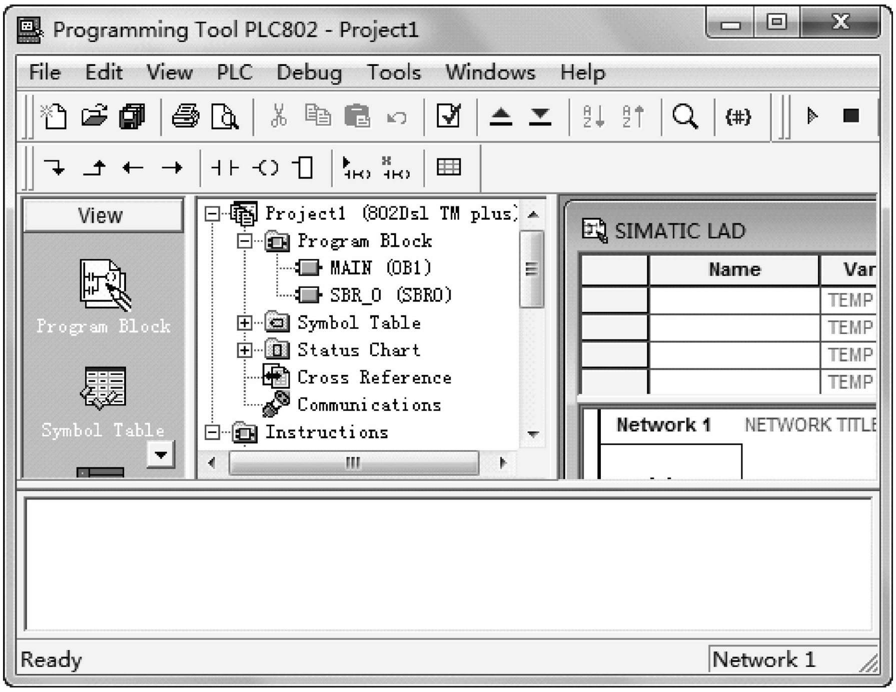


图 2-4　安装成功后的英文界面

图 2-5 选择 Options

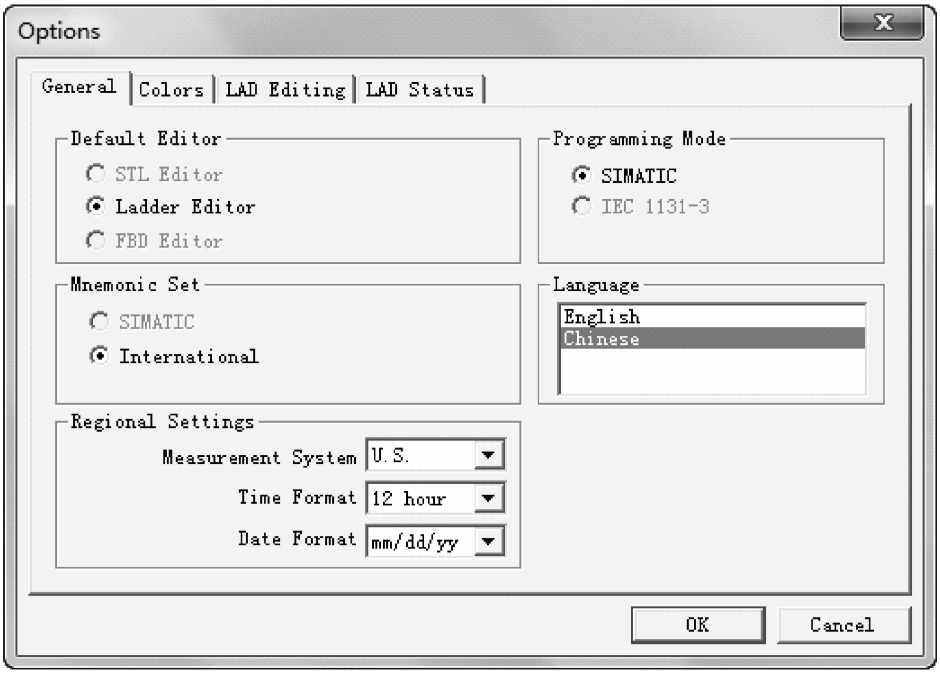


图 2-6 选择中文

图 2-7 中文界面

线圈 -( ) 代表由电流充电的中继或输出。

方框 ⎕ 代表当电流到达方框时执行的一项功能（例如，计时器、计数器或数学计算操作等）。

网络由以上元素组成并代表一个完全的线路。电源从左边的动力杆流过（在 LAD 编辑器中由窗口左边的一条垂直线代表）闭合触点，为线圈或方框充电。

2. 在 LAD 中构造简单、串联和并行网络的规则

放置触点规则：每个网络必须以一个触点开始，网络不能以触点终止。

放置线圈规则：网络不能以线圈开始；线圈用于终止逻辑网络。一个单一网络可有若干个线圈，只要线圈位于该特定网络的并行分支上。不能在网络上串联一个以上线圈（即不能在一个网络的一条水平线上放置多个线圈）。

放置方框规则：如果一个方框有 ENO，电流扩展至方框之外；这意味着可以在方框之后放置更多的指令。在网络的同级线路中，可以串联若干个配备 ENO 的方框。如果方框没有 ENO，则不能在其后放置任何指令。

3. 在 LAD 中输入指令

使用工具条按钮或功能键

1）在程序编辑器窗口中将光标放在所需的位置。一个选择方框在位置周围出现（见图 2-8）。

2）或者单击适当的工具条按钮（见图 2-9）。

3）出现一个下拉列表（见图 2-10）。滚动或键入开始的几个字母，浏览至所需的指令。在所需的指令上双击或使用 ENTER 键插入该指令。如果此时不选择特定的指令类型，则可返回网络，单击通用指令的记忆区域（该区域包含???，而不是助记符），或者选择该指令并按 ENTER 键，将列表调回。

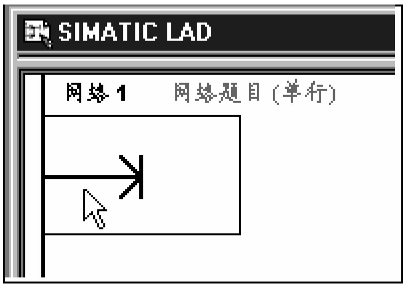


图 2-8　选择方框

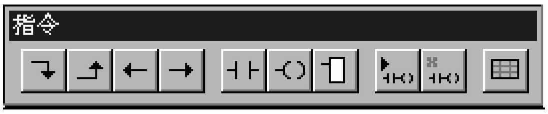


图 2-9　工具条按钮

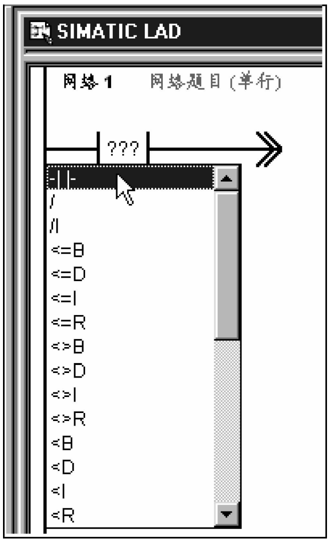


图 2-10　下拉列表

4. 在 LAD 中输入地址

如要指定一个常数（例如 100）或一个绝对地址（例如 I0.1），只需在指令地址区域中键入所需的数值。图 2-11 所示为使用鼠标或 ENTER 键选择键入地址区域。

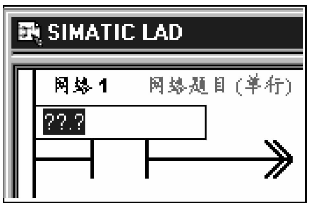


图 2-11 在 LAD 中输入地址

5. 在 LAD 中输入程序注解

将光标放在网络标题线上的任何地方，双击或按 ENTER 键，调用网络标题/注解编辑器。如图 2-12 所示可以输入一个标题，标识网络逻辑和关于网络内容的注解。网络标题在程序编辑器中显示；网络注解仅在网络标题/注解编辑器中显示，并在打印程序注解时显示。

6. 在 LAD 中编译

如图 2-13 所示，可以用工具条按钮或 PLC 菜单进行编译。

图 2-12 输入程序题目和注释

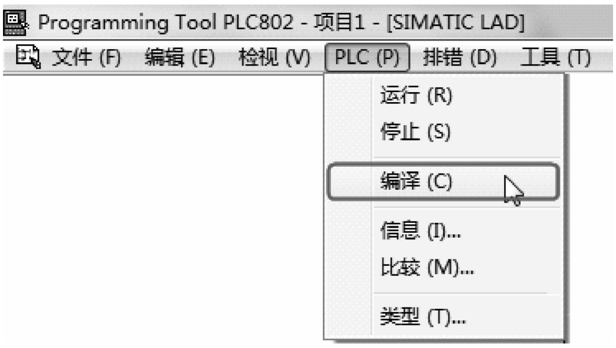


图 2-13 在 LAD 中编译

2.1.3 PLC802 的通信与下载

1. 通信口与通信线

首先熟悉 802 数控系统的通信口，并制作通信线。图 2-14 所示为 802C bl 版本的数控系统 PLC 的通信口 RS232。

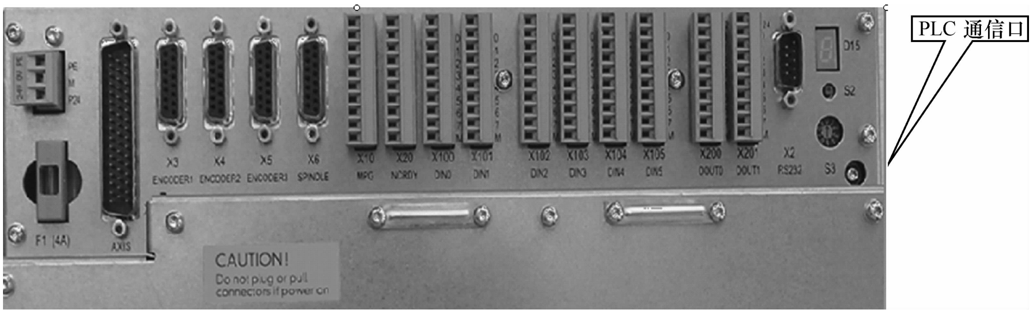


图 2-14 802C bl 数控系统 PLC 的通信口

PLC802 的通信线接法如图 2-15 所示。

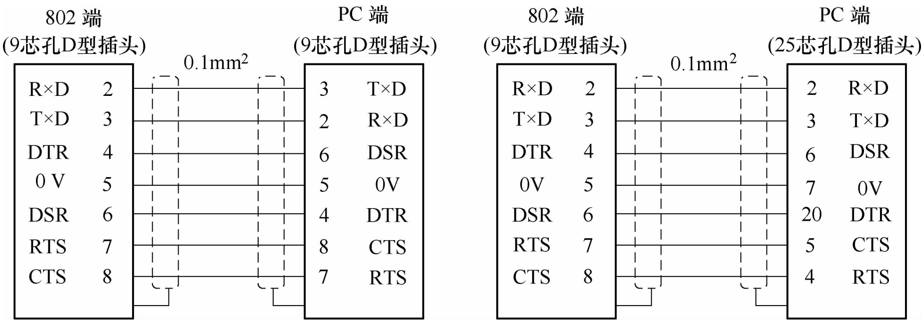


图 2-15　PLC802 的通信线接法

2. PLC802 通信菜单设置

在 PLC802 编程软件中，单击导航条中的“通信”图标 ，或从菜单中选择视图→通信（见图 2-16）。

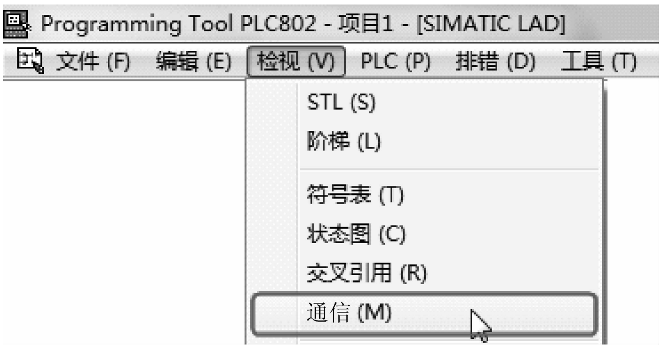


图 2-16　通信菜单

在“通信”对话框的右侧窗格（见图 2-17），单击显示“双击刷新”的文字，如果通信成功，则会跳出该 PLC 的各种信息。如果未能刷新到 PLC 信息，则需要设置 PG/PC 接口信息（见图 2-18）。

3. 下载程序

1）下载至 PLC 之前，必须核实 PLC 处于“停止”模式。检查 PLC 上的模式指示器灯。如果 PLC 未设为“停止”模式，单击工具条中的“停止”按钮，或选择 PLC→停止。

2）单击工具条中的“下载”按钮，或选择 PLC→下载。“下载”对话框出现（见图 2-19）。

3）单击“确定”按钮，开始下载程序，期间会要求先停止 PLC，然后等下载结束再让 PLC 处于运行状态。

图 2-17 通信对话框

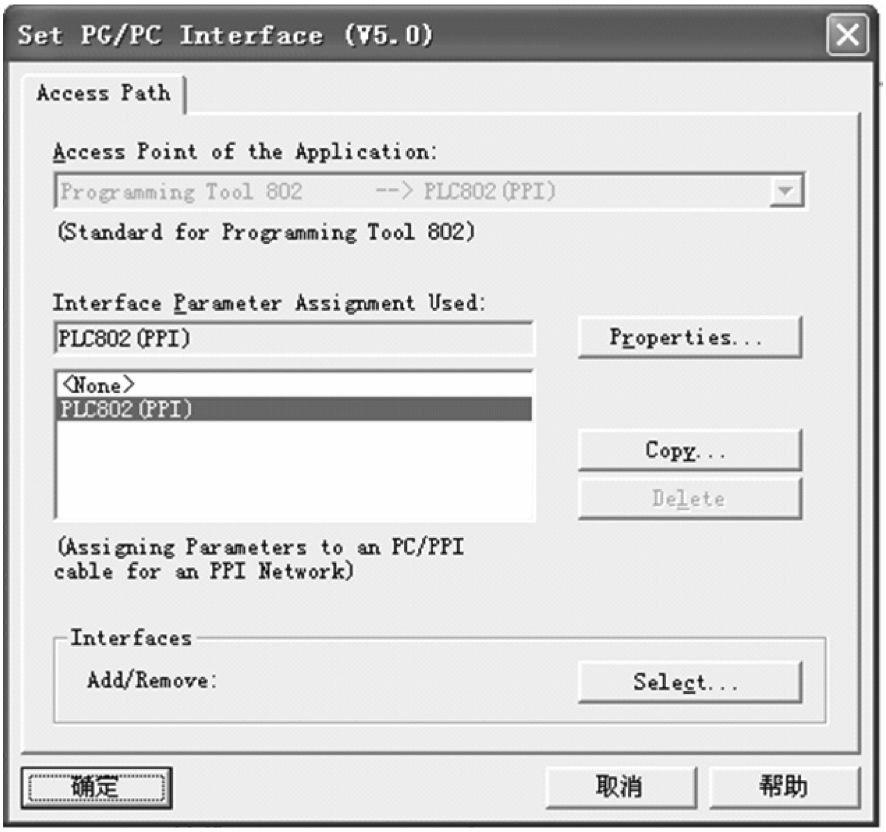


图 2-18　设置 PG/PC 接口信息

图 2-19　下载对话框

2.2　PLC802 梯形图的设计方法

2.2.1　根据继电器电路设计梯形图的方法

继电器—接触器控制系统电路与梯形图在表示方法和分析方法上有很多相似之处，因此可以根据继电器—接触器控制电路来设计梯形图（LAD）。

1. 根据经验设计法设计梯形图

PLC802 的梯形图设计经验法，就是要依靠平时所积累的设计经验来设计梯形图。PLC 发展初期就沿用了设计继电器电路的方法来设计梯形图，既在已有的典型继电器电路的基础

上，根据被控制对象对控制的要求，不断地修改完善成梯形图。这种方法没有普遍的规律可以遵循，一切都要靠设计者的经验来实现，就是把设计继电器电路的思维转化为 PLC 梯形图设计思维。它一般用于逻辑关系较简单的梯形图设计。

经验设计法是沿用设计继电器—接触器控制电路的方法来设计梯形图，即在一些典型电路的基础上，根据被控对象对控制系统的要求，不断地修改和完善梯形图。从实践来看，经验设计法可用于较简单的梯形图设计。

2. 电动机正转控制电路

（1） 控制要求

按下起动按钮 SB1，电动机自锁正转；按下停止按钮 SB2，电动机停转。电动机正转控制电路如图 2-20 所示。

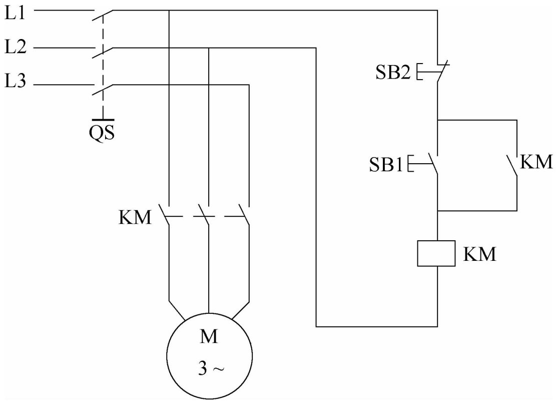


图 2-20 电动机正转控制电路

（2）PLC 输入/输出分配

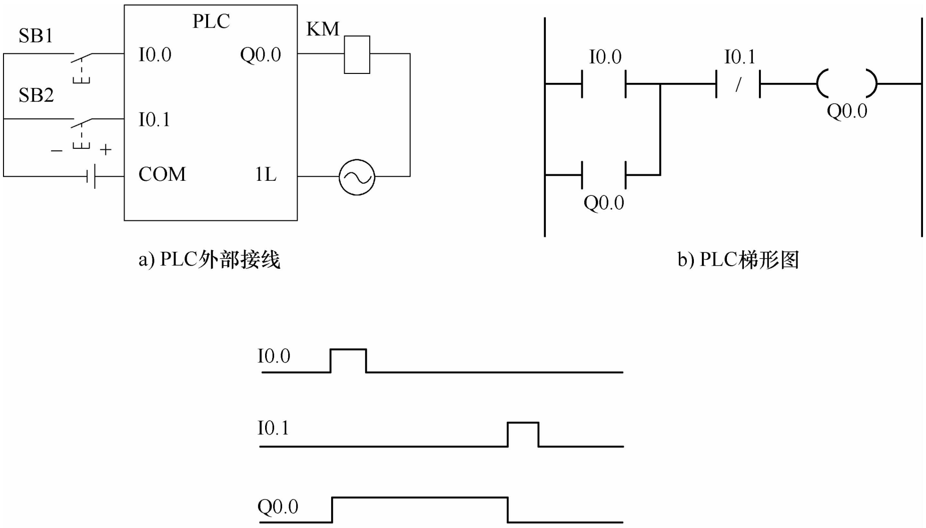
根据“经验设计法”可以进行 I/O 资源分配，见表 2-1。

表 2-1 电动机正转控制电路的 I/O 资源配置

输　　入	名　　称	输　　出	名　　称
I0. 0	起动按钮 SB1	Q0. 0	接触器 KM
I0. 1	停止按钮 SB2		

停止时：按下停止按钮 SB2 →停止信号 I0. 1 为“1”→I0. 1 常闭触点断开→线圈“失电”（低电平）→电动机停转。

PLC 外部接线如图 2-21a 所示。



a) PLC外部接线　　b) PLC梯形图

c) 波形图

图 2-21 电动机正转 PLC 控制

根据电动机工作原理，可以进行图 2-21b 所示的编程。起动时：按下起动按钮 SB1 →起动信号 I0.0 为“1”（高电平）→I0.0 常开触点接通；不按停止按钮 SB2→停止信号 I0.1 为“0”（低电平）→I0.1 常闭触点接通→Q0.0 线圈“有电”（高电平）→Q0.0 触点闭合“自锁”→电动机连续正转。如果按下停止按钮，则 Q0.0 不能自保而掉电，电动机停止运行。具体的波形图如图 2-21c 所示。

数控小贴士

PLC802 是用 I 和 Q 来表示输入/输出的。I 是指输入点（Input），比方说一个 PLC 有 10 个 I 点，一般意思就是它能接 10 个开关，或其他输入信号。在 PLC802 中，I 点是八进制，即 I0.0～I0.7，接下来是 I1.0～I1.7，依次类推。Q 是指输出点（Output），不用英文字符 O 的原因主要是为了区别于数字 0。比方说一个 PLC 有 10 个 Q 点，一般意思就是它能驱动 10 个不同的负载，如接触器、电磁阀等。PLC802 的 Q 点也是八进制，即 Q0.0～Q0.7，接下来是 Q1.0～Q1.7。

3. 相同点与不同点

相同点：继电器—接触器控制系统电路与梯形图在表示方法和分析方法上有很多相似之处。如：PLC 控制元件也称为继电器，有线圈—常开触点—常闭触点，当某个继电器线圈有电时，其常开触点闭合，常闭触点断开。

不同点：梯形图是 PLC 的程序，是一种软件，继电器—接触器控制电路是由硬件元件组成的。

2.2.2 LAD 常见逻辑结构

在 LAD 编辑中常见的逻辑结构包括自保、中线输出、串行方框指令、并行方框（线圈）输出等。

1. 自保

图 2-22 所示网络使用一个正常的触点（“开始”）和一个负（非）触点（“停止”）。一旦继电器输出成功激活，则保持锁定，直至符合“停止”条件。

2. 中线输出

如果符合第一个条件，初步输出（输出二）在第二个条件评估之前显示。用户还可以建立有中线输出的多个级档，如图 2-23 所示。

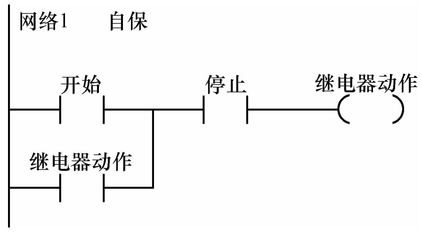


图 2-22　自保

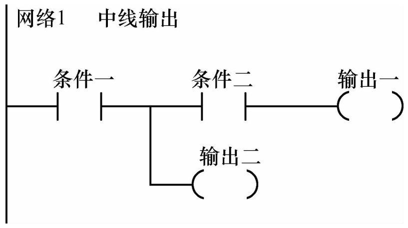


图 2-23　中线输出

3. 串行方框指令

如果第一个方框指令评估成功，电源顺网络流至第二个方框指令。用户可以在网络的同

一级上将多条 ENO 指令用串联方式级联。如果任何指令失败，剩余的串联指令不会执行；使能位停止（错误不通过该串联级联），如图 2-24 所示。

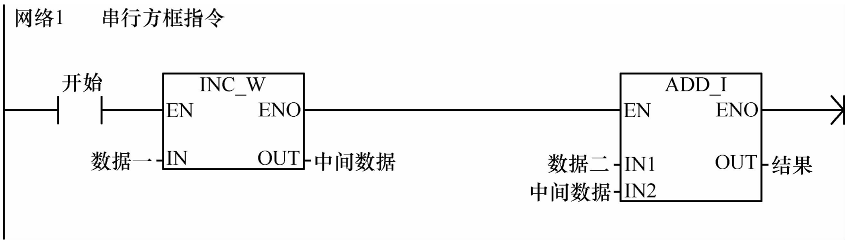


图 2-24 串行方框指令

4. 并行方框（线圈）输出

当符合起始条件时，所有的输出（方框和线圈）均被激活。如果一个输出未评估成功，电源仍然流至其他输出；不受失败指令的影响，如图 2-25 所示。

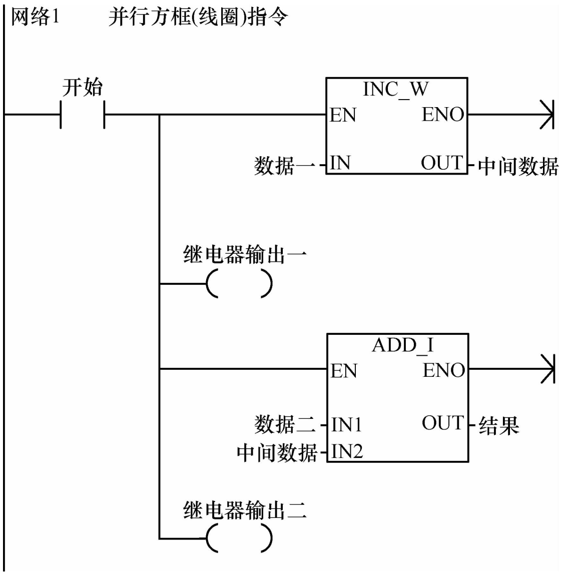


图 2-25 并行方框（线圈）输出

2.2.3 位逻辑指令

PLC 最初的设计目的是为了替代继电器，因此，类似与继电器控制线路的位逻辑指令是最基本的、最常见的，图 2-26 所示为 PLC802 最常见的几种位逻辑。

1. 常开与常闭触点

在 PLC802 控制程序中，使用 I/O 地址来访问实际连接到 CPU 输入/输出端子的实际器件。也就是说，对于常开和常闭触点，以 PLC802 实际获得的信号为准，而不是以继电器的常开或常闭符号为准，这个必须引起足够的重视。

2. 置位与复位

置位（S）和复位（R）指令设置（打开）或复原某个位，如图 2-27 所示为 RS 指令。

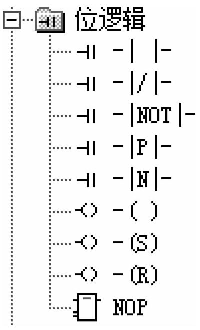


图 2-26 常见的 PLC802 位逻辑

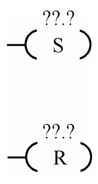


图 2-27 RS 指令

2.2.4 计时器

PLC802 指令集提供三种不同类型的计时器：接通延时计时器（TON），用于单间隔计时；保留性接通延时计时器（TONR），用于累计一定数量的定时间隔；断开延时计时器（TOF），用于延长时间以超过关闭时间（或假条件），例如电动机关闭后使电动机冷却。表 2-2 所示为计时器操作的逻辑。

表 2-2 计时器操作的逻辑

计时器类型	当前值 >= 预设值	启用输入“打开”	启用输入“关闭”	电源循环/首次扫描
TON	计时器拉打开，当前值继续计数直至达到 32，767	当前值记录时间	计时器位关闭，当前值 =0	计时器位关闭，当前值 =0
TONR	计时器位打开，当前值继续计数直至达到 32，767	当前值记录时间	计时器位及当前值保持最后的状态	计时器位关闭，可保持当前值
TOF	计时器位关闭，当前值 = 预设值，停止计数	定时器位打开，当前值 =0	从“打开”转换为“关闭”后计时器开始计数	计时器位关闭，当前值 =0

1. 计时器的分辨率

计时器的分辨率由计时器号码决定,每一个当前值都是时间基准的倍数。例如,10ms 计时器中的数值 50 表示 500ms。在西门子 802 系列数控中,计时器定义如下:T0 ~ T15(100ms 计时器);T16 ~ T39(10ms 计时器,仅 802D sl Plus);T16 ~ T63(10ms 计时器,仅 802D sl Pro)。

2. 接通延时计时器

如图 2-28 所示，接通延时计时器（TON）指令在启用输入为“打开”时，开始计时。当前值（Txxx）大于或等于预设时间（PT）时，计时器位为“打开”。启用输入为“关闭”时，接通延时计时器当前值被清除。达到预设值后，计时器仍继续计时，达到最大值 32767 时，停止计时。

（1）计时器的起动、停止与复位

可用“复原”（R）指令复原任何计时器。“复原”指令执行下列操作：计时器位 = 关闭，计时器当前值 =0。

图 2-29 中，在 1s 之后，100ms 计时器 T3 超时，然后接通 Q0.0；其中 I0.0 打开 = T3 被启用，I0.0 关闭 = 禁止和复原 T3。

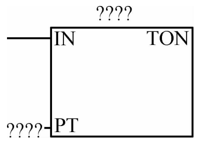


图 2-28 接通延时计时器

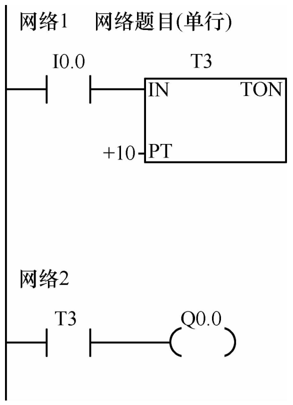


图 2-29 计时器范例程序

其时序图如图2-30所示。

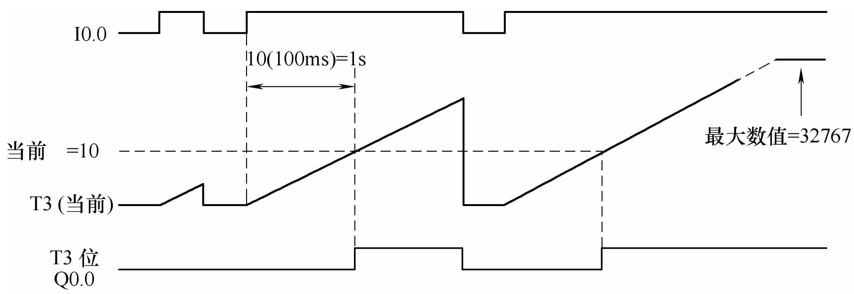


图2-30 计时器时序图一

（2）计时器的起动、停止与复位

可用“复原”（R）指令复原任何计时器。“复原”指令执行下列操作：

计时器位 = 关闭，计时器当前值 = 0。

图2-31为计时器的另外一个范例程序。

其时序图如图2-32所示。

3. TOF和TONR指令

断开延时计时器（TOF）指令用于在输入关闭后，延迟固定的一段时间再关闭输出。启用输入打开时，计时器位立即打开，当前值被设为0。输入关闭时，计时器继续计时，直到消逝的时间达到预设时间。达到预设值后，计时器位关闭，当前值停止计时。如果输入关闭的时间短于预设数值，则计时器位仍保持在打开状态。TOF指令必须遇到从“打开”至“关闭”的转换才开始计时。如果TOF计时器位于SCR区域内部，而且SCR区域处于非现用状态，则当前值被设为0，计时器位被关闭，而且当前值不计时。

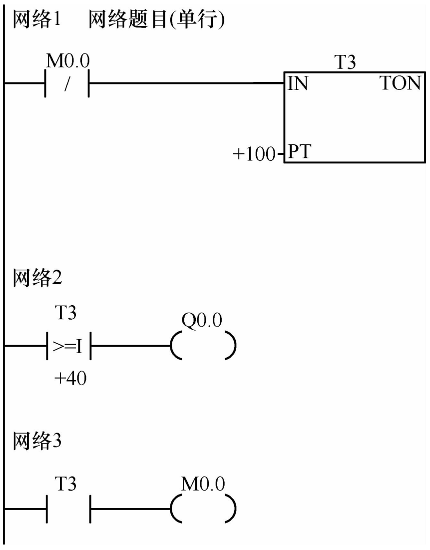


图2-31 计时器的另外一个范例程序

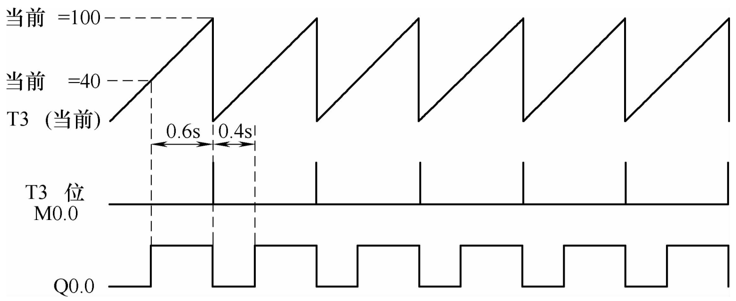


图2-32 计时器时序图二

掉电保护性接通延时计时器（TONR）指令在启用输入为“打开”时，开始计时。当前值（Txxx）大于或等于预设时间（PT）时，计时位为“打开”。当输入为“关闭”时，保持保留性延迟计时器当前值。可使用保留性接通延时计时器为多个输入“打开”阶段累计时间。使用“复原”指令（R）清除保留性延迟计时器的当前值。达到预设值后，计时器继续计时，达到最大值32767时，停止计时。

2.2.5　计数器

PLC802共提供了32个或64个计数器（根据型号不同个数也不同），计数器可以作为以下三个类型的计数器使用：

◆CTU：增计数器；

◆CTD：减计数器；

◆CTUD：增/减计数器。

1. CTU增计数器

CTU增计数器如图2-33所示。每次向上计数输入CU从关闭向打开转换时，向上计数（CTU）指令从当前值向上计数。当前值（Cxxx）大于或等于预设值（PV）时，计数器位（Cxxx）打开。复原（R）输入打开或执行“复原”指令时，计数器被复原。达到最大值（32，767）时，计数器停止计数。

2. CTD减计数器

CTD减计数器如图2-34所示。每次向下计数输入CD从关闭向打开转换时，向下计数（CTD）指令从当前值向下计数。当前值Cxxx等于0时，计数器位（Cxxx）打开。输入（LD）打开时，计数器复原计数器位（Cxxx）并用预设值（PV）载入当前值。达到零时，向下计数器停止计数，计数器位Cxxx打开。减计数器的范围也是从C0～C255。

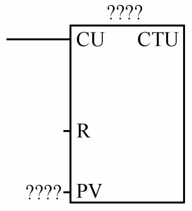


图2-33　CTU增计数器

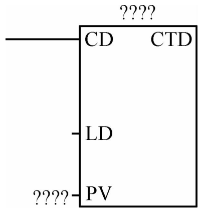


图2-34　CTD减计数器

CTD减计数器指令的操作数类型与CTU类似，即CU与CD、R与LD类似。

【实例】 请根据PLC802编程，机床某行程开关动作计数，原设定每三次动作要执行一次报警输出。

编写主程序如图2-35所示。

与该程序相对应的波形如图2-36所示。

3. CTUD增/减计数器

CTUD增/减计数器如图2-37所示。每次向上计数输入CU从关闭向打开转换时，向上/向下计时（CTUD）指令向上计数，每次向下计数输入CD从关闭向打开转换时，向下计数。

计数器的当前值Cxx保持当前计数。每次执行计数器指令时，预设值PV与当前值进行比较。达到最大值（32，767），位于向上计数输入位置的下一个上升沿使当前值返转为最小值（－32，768）。在达到最小值（－32，768）时，位于向下计数输入位置的下一个上升沿使当前计数反转为最大值（32，767）。当前值Cxx大于或等于预设值PV时，计数器位Cxx打开。否则，计数器位关闭。当“复原”（R）输入打开或执行“复原”指令时，计数器被复原。达到PV时，CTUD计数器停止计数。

图2-38所示是CTUD指令的一个程序例子。

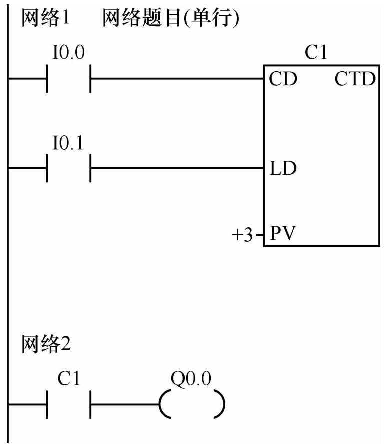


图2-35 机床限位开关计数程序

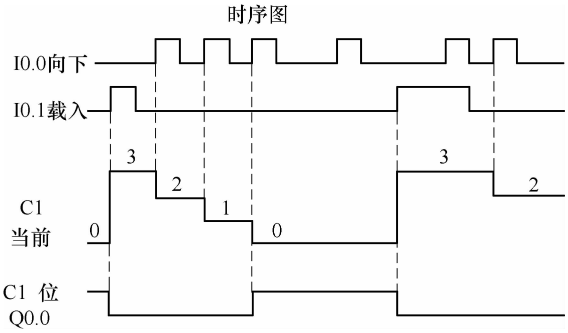


图2-36 对应波形图

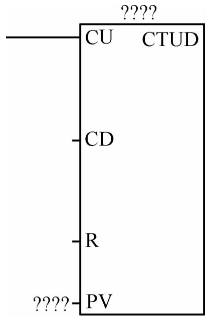


图2-37 CTUD增/减计数器

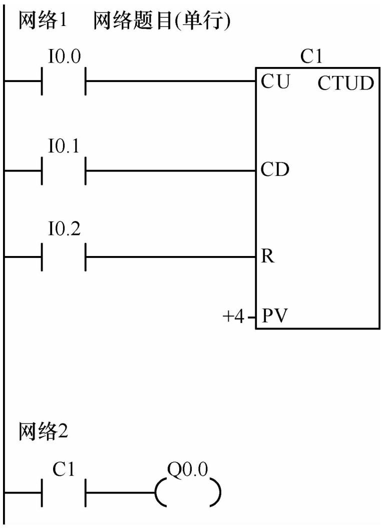


图2-38 CTUD指令的一个程序例子

对应的波形图如图2-39所示。

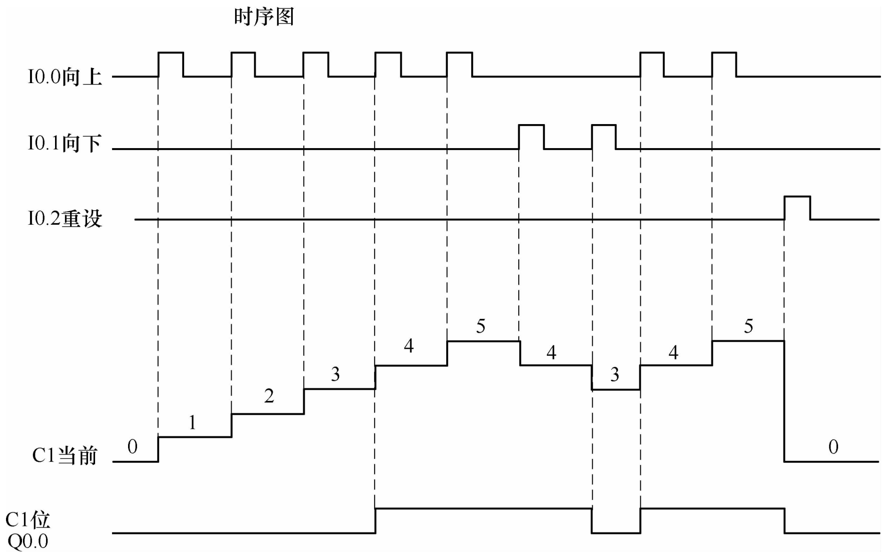


图 2-39　对应波形图

2.3　PLC802 的数据指令与子程序

2.3.1　数据移位指令

PLC802 共有 5 个数据移位指令，如图 2-40 所示。

1. 字节/字/双字/实数移位

这些移位指令就是将输入字节（IN）移至输出字节（OUT），不改变原来的数值。图 2-41 所示为字节移位指令。

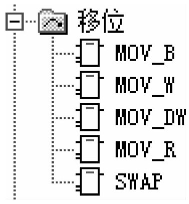


图 2-40　数据移位指令

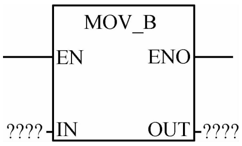


图 2-41　字节移位指令

2. 交换字节指令

交换字节指令交换字（IN）的最高位字节和最低位字节，如图 2-42 所示。

图 2-43 和图 2-44 所示为交换字节程序及过程示意。

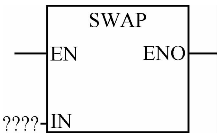


图 2-42　交换字节指令

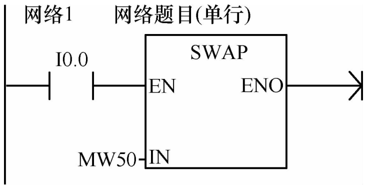


图 2-43　交换字节程序

图 2-44 交换字节过程示意

2.3.2 整数和浮点数数学计算指令

图 2-45 和图 2-46 所示为常用整数和浮点数数学计算指令，其中，指令的英语助记符说明如下：ADD，加法；SUB，减法；MUL，乘法；DIV，除法；INC，累加 1；DEC，累减 1；SQRT，平方根。

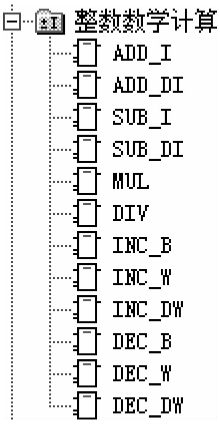


图 2-45 整数数学计算指令

图 2-46 浮点数数学计算指令

2.3.3 子程序

1. 子程序的定义

子程序可以帮助用户对程序进行分块。主程序中使用的指令决定具体子程序的执行状况。当主程序调用子程序并执行时，子程序执行全部指令直至结束。然后，系统将控制返回至调用子程序网络中的主程序。

子程序用于为程序分段和分块，使其成为较小的、更易管理的块。在程序中调试和维护时，用户可以利用这项优势。通过使用较小的程序块，对这些区域和整个程序简单地进行调试和排除故障。只在需要时才调用程序块，可以更有效地使用 PLC，因为所有的程序块可能无须执行每次扫描。

最后，如果子程序仅引用参数和局部内存，则可移动子程序。为了移动子程序，应避免使用任何全局变量/符号（I、Q、M、SM、AI、AQ、V、T、C、S、AC 内存中的绝对地址）。如果子程序无调用参数（IN、OUT 或 IN_ OUT）或仅在 L 内存中使用局部变量，用户就可以导出子程序并将其导入另一个项目。

2. 子程序的建立

欲在程序中使用子程序，必须执行下列三项任务：

（1）建立子程序

（2）在子程序局部变量表中定义参数（如果有）

（3）从适当的 POU（从主程序或另一个子程序）调用子程序

当子程序被调用时，整个逻辑堆栈被保存，堆栈顶端被设为 1，所有其他堆栈位置被设为 0，控制被传送至调用子程序。当该子程序完成时，堆栈恢复为在调用点时保留的数值，控制返回调用子程序。

子程序和调用子程序共用累加器。由于子程序的使用，对累加器不执行保存或恢复操作。

3. 子程序 CALL 指令

西门子 PLC802 为了解决主程序语句过多的问题，通常可以采用“调用子程序（CALL）指令”将控制转换给子程序(SBR_n)。用户可以使用带参数或不带参数的“调用子程序”指令。图 2-47 所示为 CALL 语句。

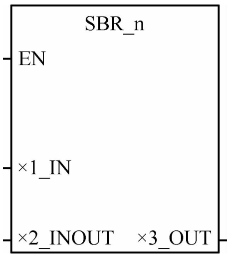


图 2-47　CALL 语句

在子程序完成执行后，控制返回至“调用子程序”之后的指令。每个子程序调用的输入/输出参数最大限制为 16。如果下载的程序超过此限制，则会返回错误信息。用户可以为子程序指定一个符号名，例如 USR_NAME，该符号名会出现在指令树的“子程序”文件夹中。

将参数值指定给子程序中的局部内存时应遵循以下几点：

1）参数值指定给局部内存的顺序由 CALL 指定，参数从 Lx. 0 开始；

2）1 ~ 8 个连续位参数值被指定给从 Lx. 0 开始持续至 Lx. 7 的单字节；

3）字节、字和双字数值被指定给局部内存，位于字节边界（LBx、LWx 或 LDx）位置；

4）在带参数的“调用子程序”指令中，参数必须与子程序局部变量表中定义的变量完全匹配。

5）参数顺序必须以输入参数开始，其次是输入/输出参数，然后是输出参数。

图 2-48 所示为子程序的调用，其中箭头所指语句不用编程，由 PLC802 编程软件自动处理。

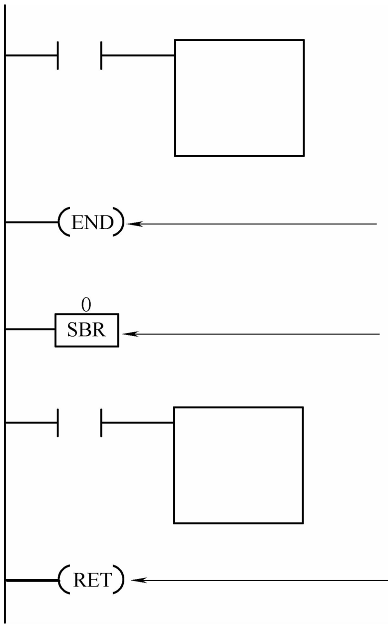


图 2-48　子程序的调用

2.4　PLC802 的使用资源

2.4.1　PLC 地址定义及范围

802 系列中不同的 CNC 类型，其使用资源略有不同，请具体参考西门子说明书或本书

所配光盘。表2-3所示为802C的PLC地址定义及范围，表2-4所示为地址区V的组成，表2-5所示为特殊标记位定义（只读）。需要注意的是，802D的PLC地址定义略有不同，不要互相搞混淆。

表2-3 802C的PLC地址定义及范围

操作地址符	说　明	范　围	操作地址符	说　明	范　围
V	数据	V0.0～V99999999.7	M	标志位	M0.0～M127.7
T	计时器	T0～T15 单位：100ms	SM	特殊标志位	SM0.0～SM0.6
C	计数器	C0～C31	A	ACCU（逻辑）	AC0～AC1（Udword）
I	数字输入	I0.0～I7.7	A	ACCU（算术）	AC2～AC3（Dword）
Q	数字输出	Q0.0～Q7.7			

表2-4 地址区V的组成

类型标记（DB号）	区号（通道号，轴号）	分　区	偏　移
00	00	0	000
（00～99）	（00～99）	（0～9）	（000～999）

表2-5 特殊标记位定义（只读）

位	说　明
SM0.0	定义常‘1’信号
SM0.1	第一次PLC循环‘1’，后面循环‘0’
SM0.2	缓冲数据丢失：只适用于第一次PLC循环（‘0’信号数据不丢失，‘1’信号数据丢失）
SM0.3	重新起动；第一次PLC循环‘1’，后面循环‘0’
SM0.4	60s周期的脉冲（占空比，30s‘0’，30s‘1’）
SM0.5	1s周期的脉冲（占空比，0.5s‘0’，0.5s‘1’）
SM0.6	PLC循环周期（交替循环‘0’和循环‘1’）

数控小贴士

可以字节、字或双字方式存取几个PLC802内存区域（V、I、Q、M和SM）。欲指定以字节、字或双字方式存取地址，在内存区域后使用尺寸指定符号。例如，欲以字节方式存取V100，使用VB100；欲以双字方式存取，使用VD100。欲存取内存区域内的某一位，需要指定内存区域、字节地址和点号后的位号，表示格式为：VB100.7，此例存取字节V100内的最后一位（八进制）。

2.4.2 标准子程序库

西门子802S/C/D带有子程序库（在本书的光盘中搜索“标准802子程序.ptp”即可），按照它的I/O地址可以直接使用，也可自已编制或修改梯形图。

标准子程序库占用SBR32 ～ SBR63等内部资源，具体见表2-6。

表 2-6　标准子程序所占用的资源情况

资源(数量)	为用户预留	为子程序库预留
I/O(48input/16output)	所有输入/输出(单主轴时 Q0.0/Q0.1 作为主轴方向和使能信号被占用)	无
定时器(16)	8:T0 ~ T7	8:T8 ~ T15
计数器(32)	24:C0 ~ C23	8:C24 ~ C31
存储器(128Bytes)	64:M0.0 ~ M63.7	64:M64.0 ~ M127.7
记忆存储器(64 Bytes)	32:V14000000.0 ~ V14000031.7	32:V14000032.0 ~ V14000063.7
报警(32)	16:V16000000.0 ~ V16000001.7	16:V16000002.0 ~ V16000003.7
参数 MD14510(32)	16:MD14510[0] ~ MD14510[15]	16:MD14510[16] ~ MD14510[32]
参数 MD14512(32)	16:MD14512[0] ~ MD14512[15]	16:MD14512[16] ~ MD14512[32]
子程序(64)	32:SBR0 ~ SBR31	32:SBR32 ~ SBR63
符号表(32)	15:USR1 ~ USR15	17:USR16 ~ USR31

标准子程序在 PLC802 的安装情况如图 2-49 所示。

标准子程序的结构见表 2-7（这里以 802C 为例，不同的版本略有区别）。

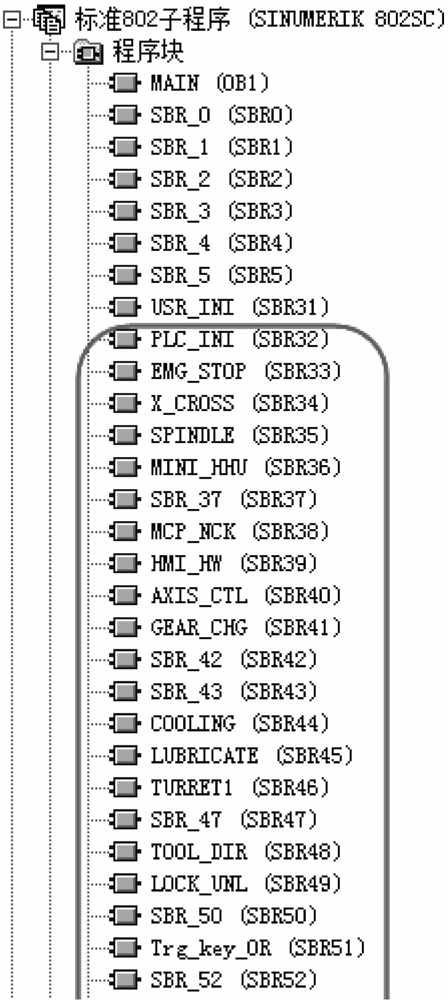


图 2-49　标准子程序的安装情况

表 2-7　标准子程序的结构

SBR	子程序名	子程序功能描述
0 ~ 30	—	为用户预留
31	USR_INI	为用户初始化预留(由子程序 32 调用)
32	PLC_INI	PLC 初始化
33	EMG_STOP	急停处理(驱动器上电下电时序控制)
34	X_CROSS	点动键布局控制(通过 PLC 机床参数)
35	SPINDLE	主轴控制
36	MINI_HHU	西门子手持单元(通过 PLC 输入)
38	MCP_NCK	机床面板和操作面板信号激活 NCK 功能
39	HMI_HW	操作面板手轮选择
40	AXES_CTL	坐标使能、硬限位控制、抱闸释放等
41	GEAR_CHG	铣床模拟主轴两挡变速
44	COOLING	冷却控制
45	LUBRICAT	定时定量润滑控制
46	TURRET1	简易刀架控制(4 或 6 或 8 工位刀架)
48	TOOL_DIR	计算就近找刀的方向
49	LOCK_UNL	夹紧放松控制—用于铣床的刀具卡紧、放松或车床卡盘控制
51	Trg_key_OR	进给/主轴由按键控制
62	FILTER	输入/输出信号滤波器。仅用于 SAMPLE

2.4.3 PLC802 的接口数据

西门子 PLC802 有很多接口数据，并通过 V 变量来完成信息的传递。以 802D 为例，这里仅列举其中的几部分，其余请参见西门子说明书或本书所配光盘。

1. HMI 和 PLC 的交换数据

表 2-8 所示为 HMI 到 PLC 的选择/状态信号，表 2-9 所示为 PLC 到 HMI 的选择/状态信号。

表 2-8　HMI 到 PLC 的选择/状态信号

1900 数据块	信号接口（HMI→PLC）［r］							
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
1900 1000								
1900 1001								
1900 1002								
1900 1003	机床轴 ［F9. 6. 1］			手轮 1 控制的轴号		C ［F9. 6. 1］	B ［F9. 6. 1］	A ［F9. 6. 1］
1900 1004	机床轴 ［F9. 6. 1］			手轮 2 控制的轴号		C ［F9. 6. 1］	B ［F9. 6. 1］	A ［F9. 6. 1］
1900 1005	机床轴 ［F9. 6. 1］			手轮 3 控制的轴号		C ［F9. 6. 1］	B ［F9. 6. 1］	A ［F9. 6. 1］
1900 1006								
1900 1007								

表 2-9　PLC 到 HMI 的选择/状态信号

1900 数据块	信号接口（PLC→HMI）［r/w］							
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
1900 5000						键盘锁定 ［F19. 4］		
1900 5001								更新刀具表
1900 5002								JOG 方式激活刀具测量
1900 5003								
1900 5004 … 1900 5007	用户 JOG 测量的刀具号（DINT） ［F15. 8］							

2. NCK 和 PLC 的交换数据

表 2-10 所示为 NCK 到 PLC 的信号，表 2-11 所示为 PLC 送至 NCK 几何轴的控制信号（坐标系中的坐标轴）。

表 2-10　NCK 到 PLC 的信号

3300 数据块		信号接口（NCK→PLC）［r］						
	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
3300 0000		最后程序段有效［F10. 8. 2］	M0/M1 有效［F10. 8. 2］	移动程序段有效［F10. 8. 2］	动作程序段有效［F10. 8. 2］			
3300 0001	程序测试有效［F10. 8. 2］		M2/M30 有效［F10. 8. 2］	程序段搜索有效［F10. 8. 2］		旋转进给有效［F11. 5. 1］		回参考点有效［F8. 6］
3300 0002								
3300 0003	通道状态			程序状态				
	复位［F10. 8. 2］	中断［F10. 8. 2］	有效［F10. 8. 2］	终止［F10. 8. 2］	中断［F10. 8. 2］	停止［F10. 8. 2］		运行［F10. 8. 2］
3300 0004	NCK 报警坐标停止［F19. 3］	出现通道专用 NCK 报警［F19. 3］			所有轴停止［F12. 7］	所有轴回参考点［F8. 6］		
3300 0005								
3300 0006								
3300 0007								

表 2-11　PLC 送至 NCK 几何轴的控制信号

3200 数据块		信号接口（PLC→NCK）［r/w］						
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
3200 1000	几何轴 1（轴 1 在 WCS 中）							
	移动键		快进修调［F9. 6. 3］	移动键锁定［F9. 6. 3］	进给停止［F11. 5. 1］	激活手轮		
	+［F9. 6. 3］	-［F9. 6. 3］				3［F9. 6. 3］	2［F9. 6. 3］	1［F9. 6. 3］
3200 1001	几何轴 1（轴 1 在 WCS 中）机床功能［9. 6. 3］							
		连续点动	INCvar.	INC10000	INC1000	INC 100	INC10	INC1
3200 1002								
3200 1003								

（续）

3200 数据块	信号接口（PLC→NCK）［r/w］							
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
3200 1004	几何轴 2（轴 2 在 WCS 中）							
	移动键		快进修调［F9.6.3］	移动键锁定［F9.6.3］	进给停止［F11.5.1］	激活手轮		
	+［F9.6.3］	−［F9.6.3］				3［F9.6.3］	2［F9.6.3］	1［F9.6.3］
3200 1005	轴 2 在 WCS 中 机床功能［9.6.3］							
		连续点动	INCvar.	INC10000	INC1000	INC100	INC10	INC1
3200 1006								
3200 1007								
3200 1008	几何轴 3（轴 3 在 WCS 中）							
	移动键		快进修调［F9.6.3］	移动键锁定［F9.6.3］	进给停止［F11.5.1］	激活手轮		
	+［F9.6.3］	−［F9.6.3］				3［F9.6.3］	2［F9.6.3］	1［F9.6.3］
3200 1009	几何轴 3（轴 3 在 WCS 中） 机床功能［9.6.3］							
		连续点动	INCvar.	INC10000	INC1000	INC100	INC10	INC1
3200 1010								
3200 1011								

3. 用户报警数据

表 2-12 所示为用户报警数据，并从 PLC 送至 HMI 进行报警激活。

表 2-12　用户报警数据

1600 数据块	激活报警［r/w］ 信号接口（PLC→HMI）							
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
	激活报警号							
1600 0000	700007	700006	700005	700004	700003	700002	700001	700000
	激活报警号							
1600 0001	700015	700014	700013	700012	700011	700010	700009	700008
	激活报警号							
1600 0002	700023	700022	700021	700020	700019	700018	700017	700016
	激活报警号							
1600 0003	700031	700030	700029	700028	700027	700026	700025	700024
	激活报警号							
1600 0004	700039	700038	700037	700036	700035	700034	700033	700032
	激活报警号							
1600 0005	700047	700046	700045	700044	700043	700042	700041	700040

（续）

1600 数据块	激活报警［r/w］ 信号接口（PLC→HMI）							
字节	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
	激活报警号							
1600 0006	700055	700054	700053	700052	700051	700050	700049	700048
	激活报警号							
1600 0007	700063	700062	700061	700060	700059	700058	700057	700056

用户报警数据的相关内容可以由标准子程序或实例程序获得，其中表 2-13 所示为报警关联信息，其报警号如 700016 等与表 2-12 相一致。

表 2-13　报警关联信息

报警号	接口地址	报警信息	子程序
700016	V16000002. 0	驱动器未就绪	33
700017	V16000002. 1	馈入模拟 I^2/t 报警	
700018	V16000002. 2	备用	
700019	V16000002. 3	备用	
700020	V16000002. 4	备用	
700021	V16000002. 5	卡盘或刀具放松时不能起动主轴	35
700022	V16000002. 6	主轴运转时不能放松卡盘或放松刀具	49
700023	V16000002. 7	编程刀具号大于刀架最大刀位数	46
700024	V16000003. 0	在监控时间内未能找到目标刀具	
700025	V16000003. 1	刀架无位置检测信号	
700026	V16000003. 2	驱动器优化时电动机抱闸已释放	40
700027	V16000003. 3	旋转监控生效，请重新返回参考点	
700028	V16000003. 4	备用	
700029	V16000003. 5	备用	
700030	V16000003. 6	备用	
700031	V16000003. 7	备用	

第3讲

西门子810D/840D PLC编程

【导读】

由于810D/840D数控系统可以控制的轴数非常多,远远超出802系列数控车床,因此其所选用的PLC已经不是S7-200了,而是容量更大、信息处理速度更快、通信更便捷的S7-300。S7-300PLC类型很多,840D PLC所采用的型号也分为高中低几种,但是它们的编程软件是统一的,即STEP 7。本讲主要介绍了STEP 7的安装过程、硬件配置、指令介绍和程序结构。

3.1 STEP 7编程软件的安装

3.1.1 STEP 7概述

无论是810D还是840D，其PLC与802系列已经不相同，而是采用了更为高级的PLC，即SIMATIC S7-300，因此，其PLC编程软件需要重新安装为STEP 7。

STEP 7是一种用于对SIMATIC PLC进行组态和编程的标准软件包。它是SIMATIC工业软件的一部分，并主要应用在SIMATIC S7-300/S7-400、SIMATIC M7-300/M7-400以及SIMATIC C7上，它具有更广泛的功能：可作为SIMATIC工业软件的软件产品中的一个扩展选项包；为功能模块和通信处理器分配参数的时机；强制模式与多值计算模式；全局数据通信；使用通信功能块进行的事件驱动数据传送；组态连接。

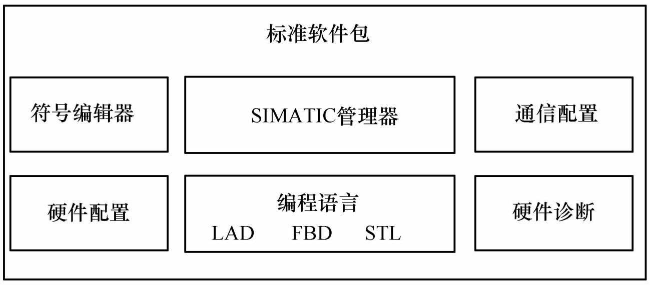


图3-1 STEP 7标准软件包构成

集成在STEP 7中的SIMATIC编程语言符合EN 61131-3标准，该标准软件包符合面向图形和对象的Windows操作原则，在MS Windows系列操作系统中均能正常运行，其具体构成如图3-1所示。

3.1.2 STEP 7安装概要

STEP 7安装程序可自动完成安装，并通过菜单可控制整个安装过程。图3-2所示为STEP 7 V5.4界面。需要注意的是，在实际应用中，选择STEP 7的版本号需要考虑到机床

的 PLC 硬件配置情况，其安装过程基本一致。

图 3-2　STEP 7 V5.4 界面

STEP 7 安装的主要步骤为：

1）将数据复制到编程设备 PG 或 PC 中；

2）组态 EPROM 和通信驱动程序；

3）安装许可证密钥（如果需要）。

图 3-3 所示为安装过程，期间会有选择安装程序语言、许可证协议、选择要安装的程序、安装过程、存储卡参数赋值和安装结束等。

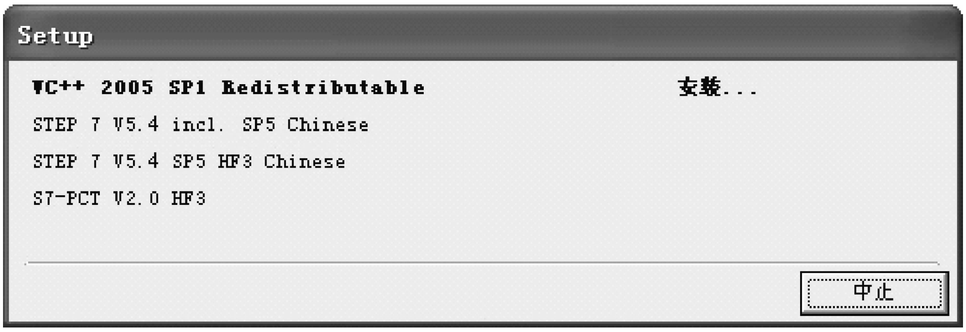


图 3-3　安装过程

3.1.3　设置 PG/PC 接口

安装 STEP 7 期间，将显示一个对话框，可以将参数分配给 PG/PC 接口，也可以在 STEP 7 程序组中调用“设置 PG/PC 接口”，在安装后打开该对话框。这样可以在安装以后修改接口参数，而与安装无关。

如果使用带 MPI 卡或通信处理器（CP）的 PC，那么应该在 Windows 的“控制面板”中检查中断和地址分配，确保没有发生中断冲突，也没有地址区重叠现象。为简化将参数分配给编程设备/PC 接口，对话框将显示默认的基本参数设置（接口组态）选择列表。

如图 3-4 所示，在 Windows“控制面板”中双击“设置 PG/PC 接口”，将“应用访问

点”设置为“S7ONLINE”。

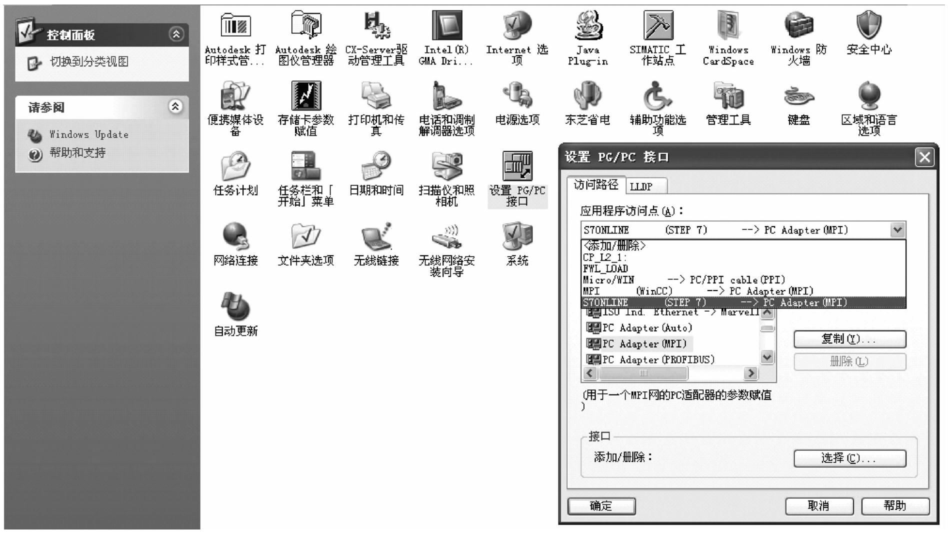


图 3-4　控制面板设置

在“为使用的接口分配参数”列表中，选择所要求的接口参数设置。如果没有显示所要求的接口参数设置，那么必须首先通过“选择”按钮安装一个模块或协议。然后自动产生接口参数设置。在即插即用系统中，不能手动安装即插即用 CP（CP 5611 和 CP 5511）。在 PG/PC 中安装硬件后，它们自动集成在“设置 PG/PC 接口”中。

具体的设置步骤和属性如图 3-5 ~ 图 3-7 所示。

图 3-5　设置 PG/PC 接口

图 3-6　设置 MPI 属性

图 3-7　设置本地连接属性

如果选择具有自动识别总线参数功能的接口（例如 CP 5611（自动）），那么可以将编程设备或 PC 连接到 MPI 或 PROFIBUS，而无须设置总线参数。如果传输率 < 187.5kbit/s，那么读取总线参数时，可能产生高达 1 分钟的延迟。对于 PG/PC 接口如果发生变更时，可以进行“安装/删除接口”操作。

※软件安装过程

由于 STEP 7 安装后为英语菜单，为了使用上的方便需要改成中文，如图 3-8 所示，选择 SIMATIC 管理器中的菜单“Options”→“Customize…”；然后在图 3-9 所示的 Customize 窗口中选择 Language 为“中文（简体）”；然后退出 STEP 7 软件，重新启动后就会看到中文界面（见图 3-10）。中文界面与英文界面并不影响到实际的程序运行情况，本书在部分内容中会出现英文菜单，其功能与中文菜单相同。

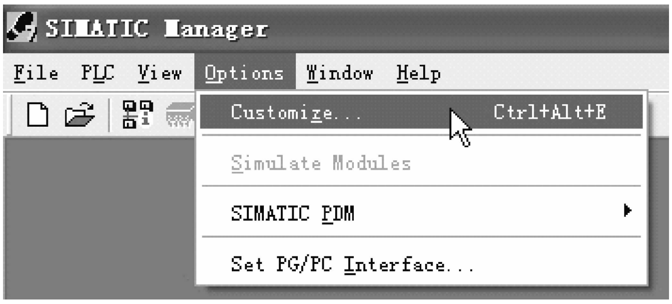


图 3-8　Customize 选择

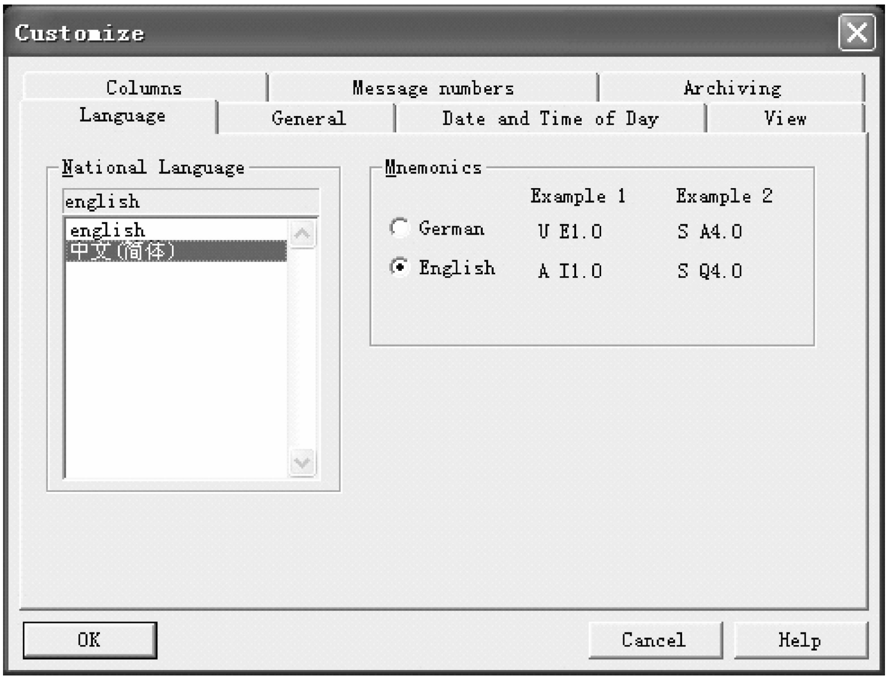


图 3-9　语言选择

图 3-10　中文界面

3.1.4 STEP 7 用户权限

要使用 STEP 7 编程软件，需要一个产品专用的许可证密钥（用户权限）。从 STEP 7 V5.3 版本起，该密钥通过 Automation License Manager 安装。Automation License Manager 是西门子公司的软件产品，它用于管理所有系统的许可证密钥（许可证模块）。

3.2 STEP 7 对象体系与 SIMATIC 管理器

3.2.1 STEP 7 的对象与对象体系

启动 SIMATIC 管理器后，以“项目”的形式创建自动化任务。项目代表了自动化解决方案中的所有数据和程序的整体，它位于对象体系的最上层。对象，如站、模块、程序、块等。面向对象操作的基本步骤是选择一个对象，然后将其打开，并进行编辑。

面向对象的操作不需要特殊的指令语法的知识，只需要通过菜单命令或鼠标点击打开的图标。当打开一个对象时，应用程序将自动调用合适的软件组件来显示或编辑对象的内容。表 3-1 ~ 表 3-6 是对象符号与对象体系。

表 3-1 对象符号与对象文件夹

符　号	对象文件夹	重要功能的选择
	站	插入一个站、上传一个站、将组态下载给 PLC、显示 CPU 消息和自定义的诊断消息、诊断硬件和显示模块信息、显示和改变工作模式、删除装载/工作存储品并复位 CPU
	SIMATIC PC 站(未分配)	创建和分配 SIMATIC PC 站的参数、组态 SIMATIC PC 站的连接、上传 SIMATIC PC 站
	SIMATIC PC 站(已分配)	突出显示将要在网络视图中组态的 SIMATIC PC 站
	源文件文件夹	STL 源文件中编程的基本信息、导出源文件、导入源文件
	块	使用项目管理进行下载、不通过项目管理而进行的下载、重新布线、比较块、翻译和编辑与操作员相关的文本、跳转到关于块、系统属性的语言描述和帮助
	S7 程序 M7 程序	插入 S7/M7 程序、设置地址优先级、分配消息号、显示 CPU 消息和自定义的诊断消息
	程序	创建项目中的软件
	库	标准库、使用库进行工作、对项目和库进行归档

表 3-2　对象符号与项目层中的对象

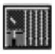
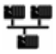
符　　号	项目层中的对象	重要对象的选择
	站： SIMATIC 300 站 SIMATIC 400 站	插入工作站 站既是对象（项目层），也是对象文件夹（站层）
 	S7 程序 M7 程序	S7/M7 程序既是对象（项目层），也是对象文件夹（程序层）
	用于启动网络工程工具和设置网络属性的网络	

表 3-3　对象符号与站层中的对象

符　　号	站层中的对象	重要功能的选择
	硬件	硬件配置、站组态的基本步骤、组态与分配参数到本地组态、组态 DP 主站系统、组态多值计算操作
	可编程模块	可编程模块既是对象（站层），也是对象文件夹（“可编程模块”层）

表 3-4　对象符号与块文件夹中的对象

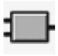
符　　号	块文件夹中的对象	重要功能的选择
	常用块	创建逻辑块、创建块、STL 源文件中编程的基本信息、比较块
	组织块（OB）、功能（FC）、功能块（FB）	数据类型和参数类型、使用编程状态测试、重新布线
	自定义的数据类型（UDT）	创建块、STL 源文件中编程、数据类型和参数类型、使用自定义的数据类型对数据进行访问、块和参数的属性
	DB（全局数据块）	数据块的数据、声明、程序状态、数据类型和参数类型、块和参数的属性
	系统功能（SFC）、SFB（系统功能块）	块和参数的属性
	具有知识产权保护的块	STL 源中的块属性的定义规则、块属性
	具有诊断能力的块	
	已使用 F-FBD/-LAD/-STL/-DB 编程语言创建的块	
	变量表（VAT）	使用变量表进行监视和修改、测试
	系统数据块（SDB）	系统数据块（SDB）只能通过功能间接进行编辑；硬件配置、子网和通信节点的属性、全局数据通信、分配和编辑与符号

表 3-5　对象符号与程序层中的对象

符　　号	程序层中的对象	重要功能的选择
	源文件文件夹	
	块文件夹	
	文本库文件夹	
	用于为信号和其他变量分配符号的符号表	绝对和符号地址、符号表的结构和组件、输入共享符号、分配和编辑与符号相关的消息、翻译和编辑与操作员相关的文本、通过符号表组态操作员监控属性、编辑通信属性、导出和导入符号表

表 3-6　对象符号与源文件文件夹中的对象

符　　号	源文件文件夹中的对象	重要功能的选择
	源文件(如 STL 源文件)	创建 STL 源文件、在 STL 源文件中插入块模块、在 STL 源文件中插入来自现有块的源代码、检查 STL 源文件中的一致性、编译 STL 源文件、生成来自块的 STL 源文件、导出源文件、导入源文件
	网络模块	使用网络模块进行工作

3.2.2　对象体系

1. 对象

对象具有对象属性的载体、文件夹和功能的载体（如启动特定的应用程序）的功能。作为属性载体的对象既可具有功能，也可具有属性（如设置）。

在选择对象时，可使用菜单命令“编辑”→“打开对象”来编辑对象（见图 3-11）。或者使用菜单命令“编辑”→“对象属性”打开对话框，并设置对象特定的选项。文件夹也可作为属性的载体。作为文件夹的对象，文件夹（目录）可包含其他文件夹或对象。其在打开文件夹时均会显示。

作为功能载体的对象，当打开对象时，将显示一个窗口，可在其中编辑对象。对象或者是一个文件夹，或者是功能的载体。其中，站是一个例外，它们既是文件夹（对于可编程模块），也是功能的载体（用于组态硬件）。如果双击一个站，则将显示包含在其中的对象，可编程模块和站组态（作为文件夹的站）。

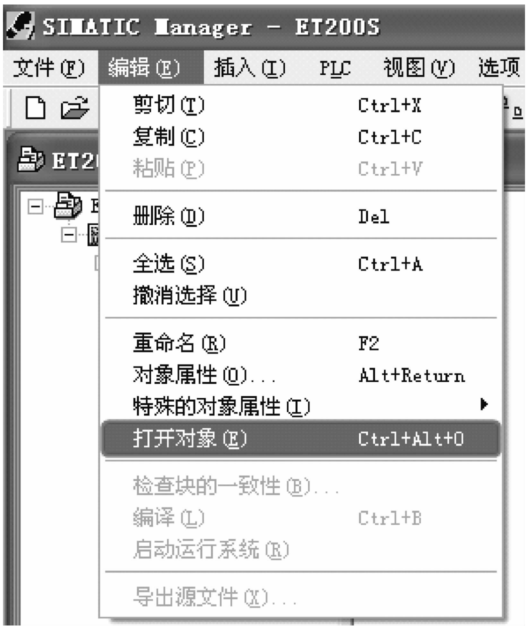


图 3-11　打开对象

2. 站

站既是对象（项目层），也是对象文件夹（站层）。在项目中，站代表了 PLC 的硬件结构，并包含用于组态和给各个模块进行参数分配的数据。使用“新建项目”向导创建的新项目已经包含有一个站。否则，可以使用菜单命令“插入”→“站点”来创建新站（见图3-12）。

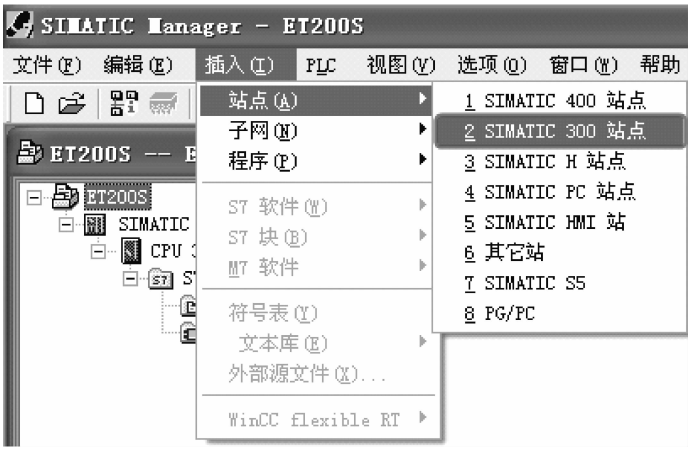


图 3-12 创建新站

3. S7/M7 程序

用于可编程模块的软件存储在对象文件夹中。SIMATIC S7 模块在对象文件夹中被称为“S7 程序”，S7 程序是和应用有关的程序块、数据块、注释和符号的组合。建立一个程序，就建立了包括这些程序元素的一个结构。

SIMATIC M7 模块在对象文件夹中被称为“M7 程序”。S7/M7 程序既是对象（项目层），也是对象文件夹（程序层）。SIMATIC S7-300/400 站表示具有一个或多个可编程模块的 S7 硬件配置。S7/M7 程序文件夹包含了用于 S7/M7 CPU 模块的软件或用于非 CPU 模块的软件，如，可编程 CP 或 FM 模块的软件。

4. 可编程模块

可编程模块既是对象（站层），也是对象文件夹（可编程模块层）。可编程模块表示可编程模块（CPUxxx、FMxxx、CPxxx）的参数赋值数据。没有任何保持存储器的模块（如 CP441），其系统数据将通过站的 CPU 进行装载。因此，将不为这样的模块分配任何“系统数据”对象，而它们也不在项目体系中显示。

5. 源文件夹

源文件夹包含以不同的编程语言产生的程序的源码。即源文件夹包含了文本格式的源程序。离线视图的块文件夹可包括逻辑块（OB、FB、FC、SFB、SFC），数据块（DB），自定义的数据类型（UDT）和变量表。系统数据对象表示系统数据块。在线视图的块文件夹包括已经下载给 PLC 的可执行程序部分。

6. 库文件

STEP 7 包含一个标准库，在安装 STEP7 软件时，标准库将自动安装在硬盘上。在 SIMATIC 管理器下可以通过“文件→打开→库”访问这些库，“文件→打开”后弹出一个对话框，可在其中选择所需的库和项目（见图 3-13）。

图 3-13　对话框

库用于为 SIMATIC S7/M7 保存可重用的程序块。一个库可包含有 S7/M7 程序，并可用于对块进行存储。库位于对象体系的最上层。一个 S7 程序可包含块文件夹、源文件夹、图文件夹及符号对象。多次重复使用的块可保存在库中，可将块从库中复制到相关的用户程序中，并被其他块调用。程序块可从现有的项目中复制到一个库中，也可直接在库中独立于项目而产生，也可在库中产生 S7 程序。

3.2.3　SIMATIC 管理器

SIMATIC 管理器管理一个自动化项目中的所有数据（见图 3-14），无论其设计用于何种类型的可编程控制系统（S7/M7/C7），编辑数据所需的工具均可由 SIMATIC 管理器自动启动。

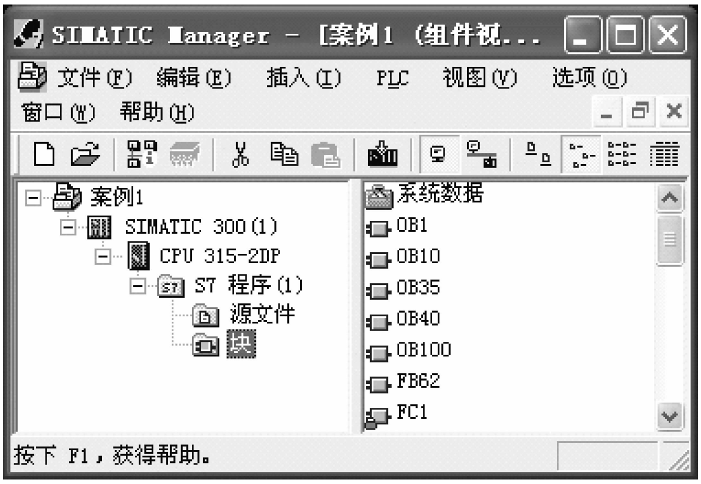


图 3-14　SIMATIC 管理器

3.2.4 符号编辑器

如图3-15所示，通过符号编辑器，可以管理所有共享符号。它提供的功能如下：给过程信号（输入/输出）、位存储器以及块设置符号名称和注释；排序功能；从其他 Windows 程序中导入/导出到其他 Windows 程序；所有其他工具都可使用该工具创建的符号表。因此，符号属性的任何变化都可被所有工具自动识别。

图3-15 符号编辑器

3.3 硬件配置与组态

3.3.1 STEP 7 硬件配置介绍

1. 组态

组态是制作自动化项目不可缺少的一个环节，它是在 STEP 7 软件窗口中对机架、模块、分布式 I/O（DP）机架以及接口子模块等进行排列。使用组态表表示机架，就像实际的机架一样，可在其中插入特定数目的模块。

在组态表中，STEP 7 自动给每个模块分配一个地址。如果站中的 CPU 可自由寻址（可为模块的每个通道自由分配一个地址，而与其插槽无关），就可随意改变站中模块的地址。

在实际操作中，可将组态任意多次复制给其他 STEP 7 项目，并进行必要的修改，然后将其下载到一个或多个现有的设备中去。在 PLC 起动时，CPU 将比较 STEP 7 中创建的预置组态与设备的实际组态，从而可立即识别出它们之间的任何差异，并进行修改。

2. 分配参数

分配参数即为本地组态中和网络中的可编程模块设置属性。例如：CPU 是一个可编程模块。其监视狗时间是可设置的一个参数。对主站系统（PROFIBUS）的总线参数、主站与

从站参数等进行设置或对组件之间的数据交换进行设置。

参数将下载给 CPU 并由 CPU 在起动期间传送给各自的模块。可方便地对模块进行替换，因为在起动期间，自动将使用 STEP 7 所设置的参数下载给新的模块。

3. 硬件组态

S7 PLC 和模块的属性均可预先设置为默认值，这样，在许多情况下，都不需要对其进行组态。而在下列情况下，组态是必需的：

1）如果希望改变模块的默认参数（例如，启用模块的硬件中断）；

2）如果希望组态通信连接；

3）对于具有分布式 I/O 的站（PROFIBUS DP 或 PROFINET IO）；

4）对于具有多个 CPU（多值计算）或扩展机架的 S7-400 站；

5）对于容错（H）型可编程控制系统。

4. S7-300 硬件组态实例

图 3-16 所示为 S7-300 典型的硬件示意。使用编程设备（PG）对 S7-300 PLC 编程，并使用 PG 电缆将 PG 和 CPU 互连在一起。如要对带有 PROFINET 接口的 CPU 进行调试或编程，还要使用以太网电缆将 PG 和 CPU 的 PROFINET 连接器互连在一起。多个 S7-300 CPU 通过 PROFIBUS 电缆彼此之间通信及与其他 SIMATIC S7 PLC 通信。

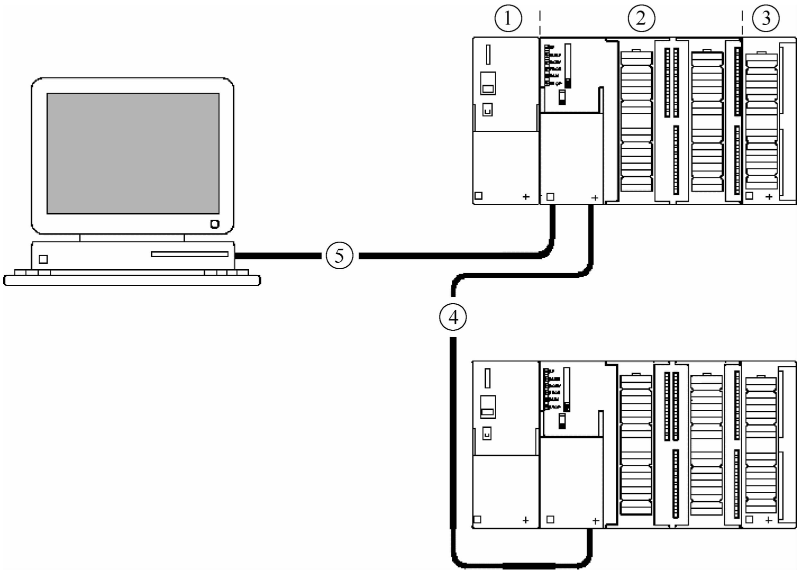


图 3-16　S7-300 硬件示意

①—电源（PS）模块　②—中央处理单元（CPU），图中的实例显示了一个带有集成 I/O 的 CPU 31xC
③—信号模块（SM）　④—PROFIBUS 总线电缆　⑤—连接编程设备（PG）的电缆

图 3-17 所示为 S7-300 典型的硬件组态示意。

以下是具体的硬件组态步骤：

1）双击 Windows 桌面上的 SIMATIC 管理器图标，打开 STEP 7 软件，默认自动启动向导（见图 3-18）。如果向导没有启动，可以选择菜单“文件”下的“新建项目向导”。单击“预览”，可以看到将要建立的项目结构的视图。

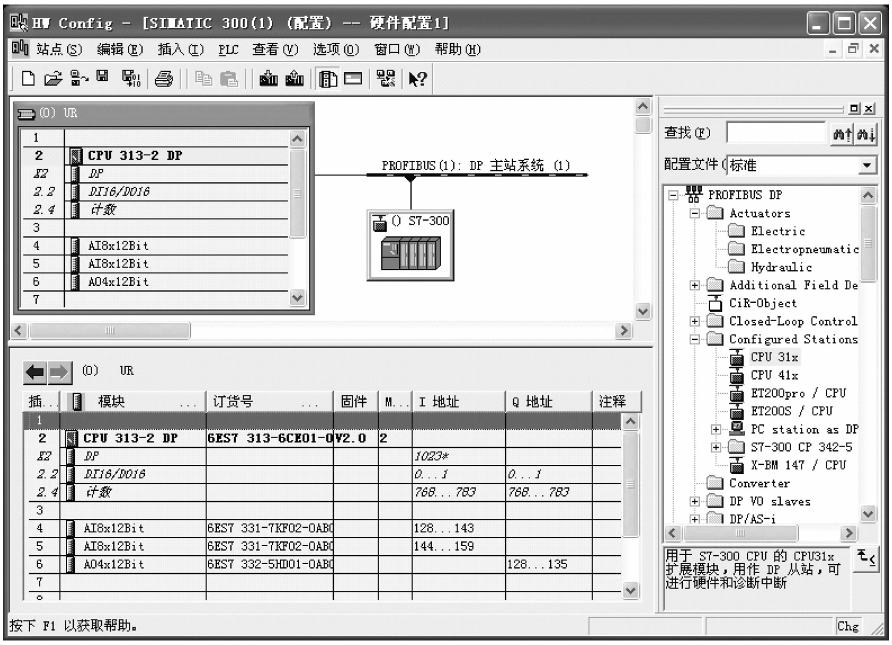


图 3-17　S7-300 典型的硬件组态示意

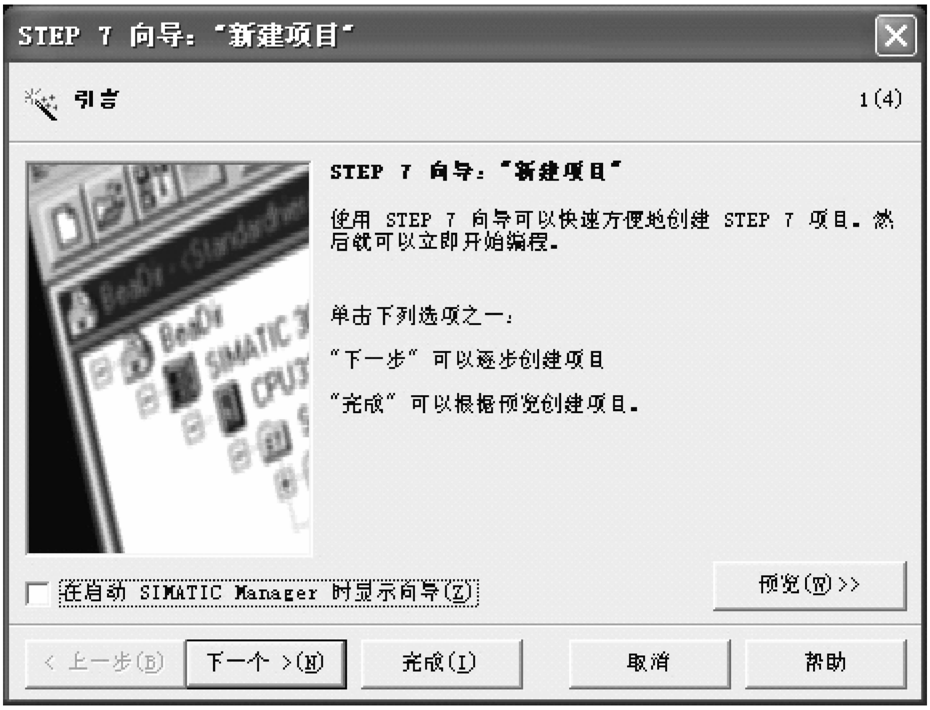


图 3-18　STEP 7 向导

2）单击“下一个”按钮，进入选择 CPU 的界面（见图 3-19），在此可以选择跟用户硬件相对应的 CPU 类型。在本案例中，选择 CPU313C-2 DP，MPI 地址默认为 2，当然 MPI 地址也可以更改为“2”以上的其他值，注意该值只是为了使 CPU 与编程设备 PC 之间进行通信，因此必须设置地址。

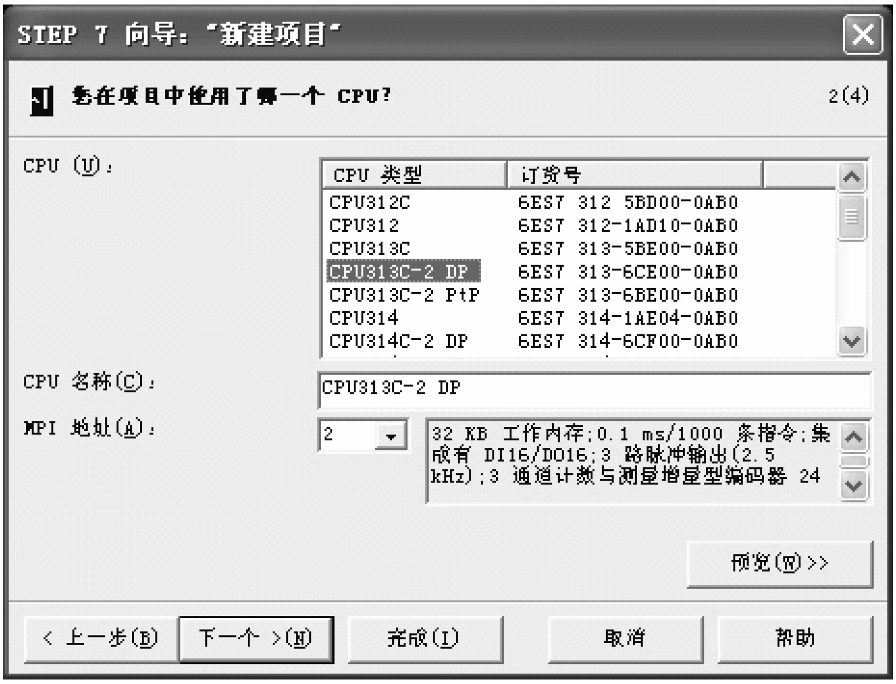


图 3-19　选择 CPU 类型

3）单击“下一个”按钮，进入用户程序选择界面（见图 3-20）。用户程序必须选择 OB1，可以选择指令表（STL）、梯形图（LAD）或功能块图（FBD）任何一种编程语言。

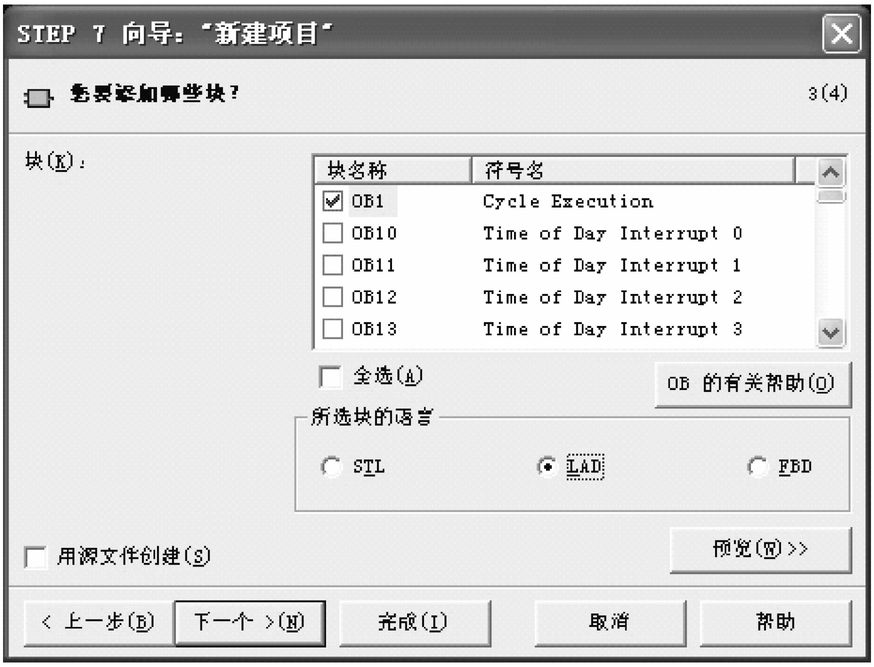


图 3-20　用户程序选择界面

4）单击“下一个”按钮，进入项目名称命名界面（见图3-21）。在项目名称中可以输入用户想要设置的名称，在此输入“硬件配置1”，最后单击“完成”，系统将按照刚才的设置生成项目，如图3-22所示。

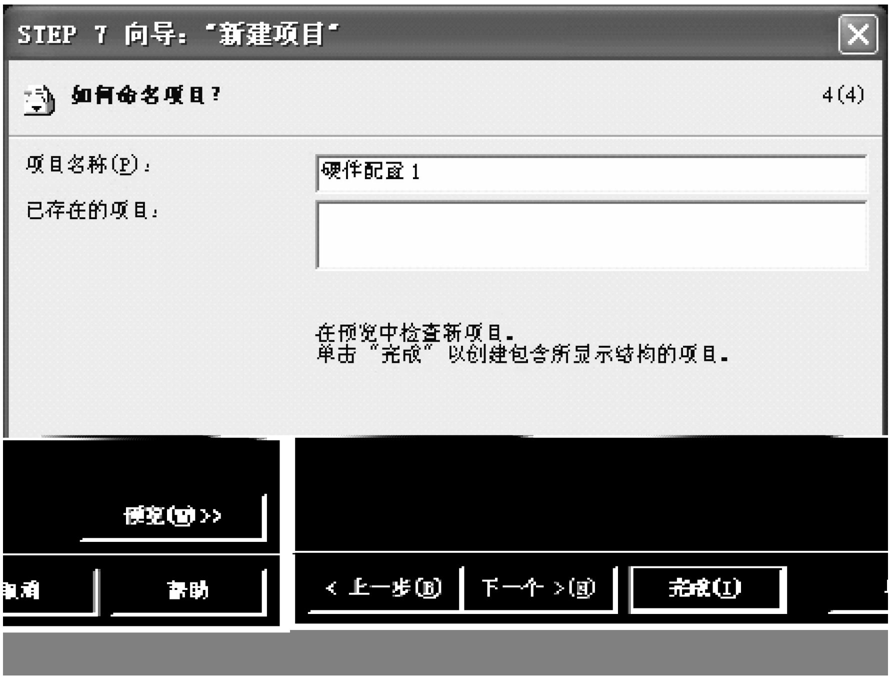


图3-21　项目名称命名界面

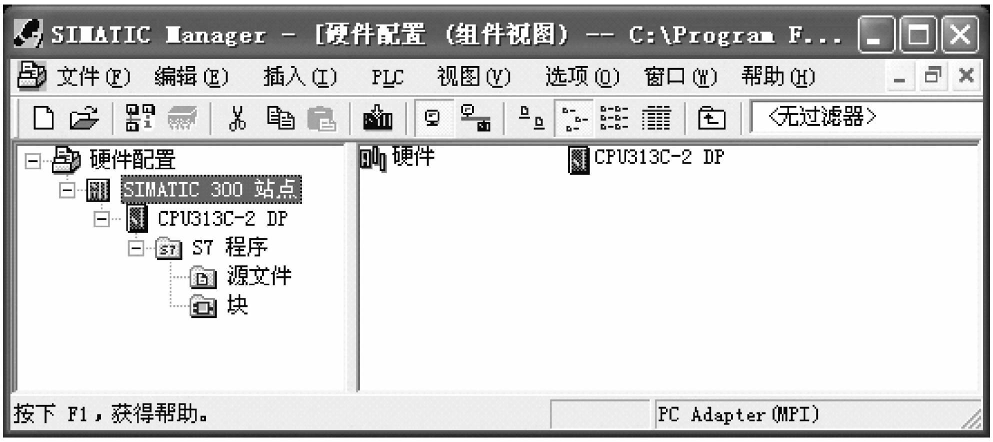


图3-22　自动生成项目

5）在图3-22中，双击“硬件”，弹出配置的画面（见图3-23）。其中机架（UR）已经自动配置，如果没有机架，可以单击硬件目录中的“SIMATIC 300”→“RACK-300”，并将其“拖”至机架位置区，默认的机架为（0）UR。

在机架UR的第一格中，放入的是电源PS，也可以不选择；本案例选择的CPU313C-2 DP放在第2格，包含了内置DP口、DI16/DO16和计数模块；第3格是为了扩展机架而设计的，如不扩展机架，置空即可。从第4格开始即为SM模块，如本案例中的AI和AO等，

单击“SM-300”将会出现模拟量模块、数字量模块和其他信号模块，根据型号将其放入到适当的槽号中，如果选中某个模块，并且这个模块和相应的槽号对应，也就是说可以插入这个槽号，那么这个槽号将显示“绿色”，下面与机架相对应的信息表也会显示为“绿色”（见图 3-24）。

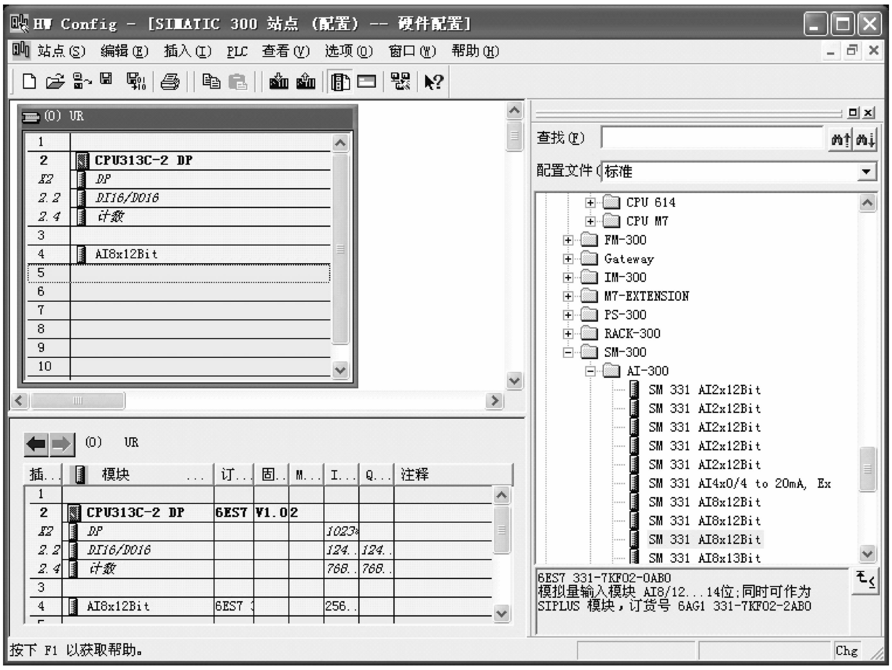


图 3-23　插入 SM 模块一

图 3-24　插入 SM 模块二

6）操作完毕之后，可以通过菜单命令进行保存和编译，同时会在管理画面的“块”文件夹中出现系统数据的符号。

7）至于 PROFIBUS 主站与从站的设置可以参考西门子说明书。

3.3.2 模块的寻址

1. 模块的插槽特定寻址

如果组态数据尚未载入 CPU 中，使用插槽特定寻址，即每个插槽号被分配一个模块起始地址。根据模块的类型，它可以是数字量地址，也可以是模拟量地址。

2. 模块的用户指定寻址

用户指定寻址的含义是可以将所选的一个地址分配给任何一个模块（SM/FM/CP）。地址将在 STEP 7 中进行分配。在 STEP 7 中，用户可指定形成模块的所有其他地址的基础的模块起始地址。

用户指定寻址的优点是优化可用地址空间，使模块之间不存在“地址间隙”；同时在标准的软件组态中，用户可以定义独立于相关 S7-300/400 组态的地址。

3.3.3 S7 PLC 硬件更新

硬件显示黄色问号，表示当前版本的 STEP 7 不支持该硬件，需要进行硬件更新，如果硬件更至最新后仍未解决问题，可能需要升级 STEP 7 软件，具体参见西门子公司硬件的供货发布说明。

图 3-25 所示为 HW Config 配置硬件中的选项“安装 HW 更新”。用户可以选择在线更新，也可以选择从磁盘中复制。一旦它自动从网上或磁盘下载硬件最新版本，等下载完之后，会提示选择“全选（Select All）”，点击“安装（Install）”，它会提示关闭 S7 软件，点

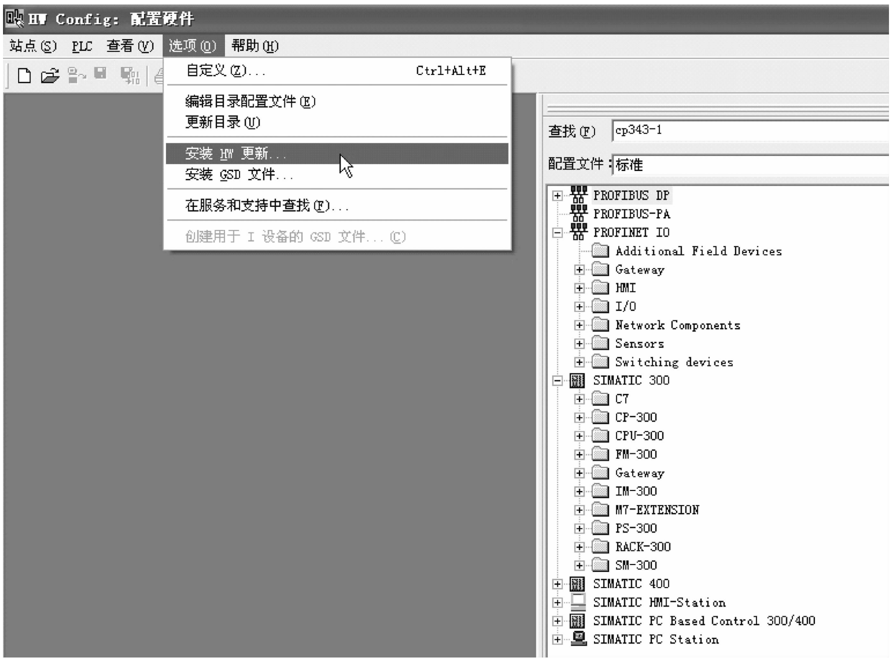


图 3-25 安装 HW 更新选项

击“确定”后自动安装下载的硬件最新版本，等安装完后重新启动 S7 即可。

3.4　常见 STEP 7 编程指令

3.4.1　概述

在 STEP 7 中，有几个编程语言可以用来编程。根据特定的规则，用语句表建立的程序可以转换成另一种编程语言。除语句表外，STEP 7 编程语言标准软件包还包括梯形图和功能块图。

梯形图（LAD）是 STEP 7 编程语言的图形表示，和电路很相似，采用诸如触点和线圈的符号。这种编程语言针对熟悉接触器控制的技术人员。其指令语法与传递梯形图相似：梯形图允许在流过各种触点、复杂元件和输出线圈时，能跟踪母线之间的电量。

语句表（或 STL）是 STEP 7 编程语言的文本表示，与机器代码相似。如果用语句表书写程序，则每条指令都与 CPU 执行程序的步骤相对应。为便于编程，语句表已经扩展包括了一些高级语言结构（如结构化数据访问和块参数）。

功能块图（FBD）是 STEP 7 编程语言的图形表示，使用布尔代数惯用的逻辑框表示逻辑功能。复杂功能（如算术功能）可直接结合逻辑框表示。功能块图使用不同的功能“盒”，盒中的符号表示功能（例如：& 指“与”逻辑操作）。

图 3-26 所示为 STEP 7 编程语言的三种类型。

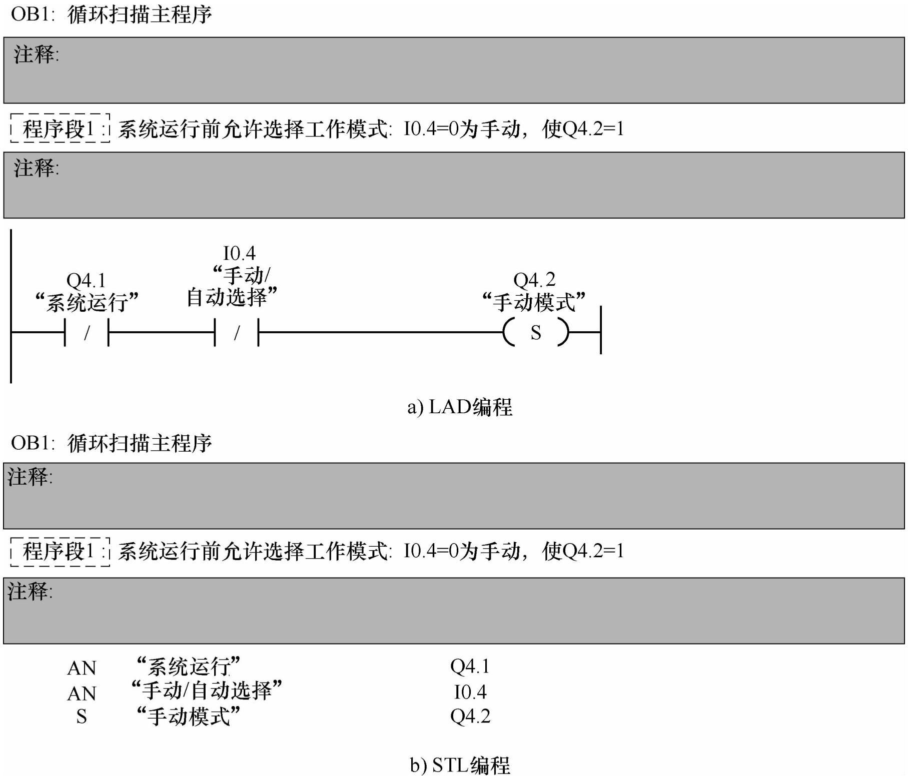
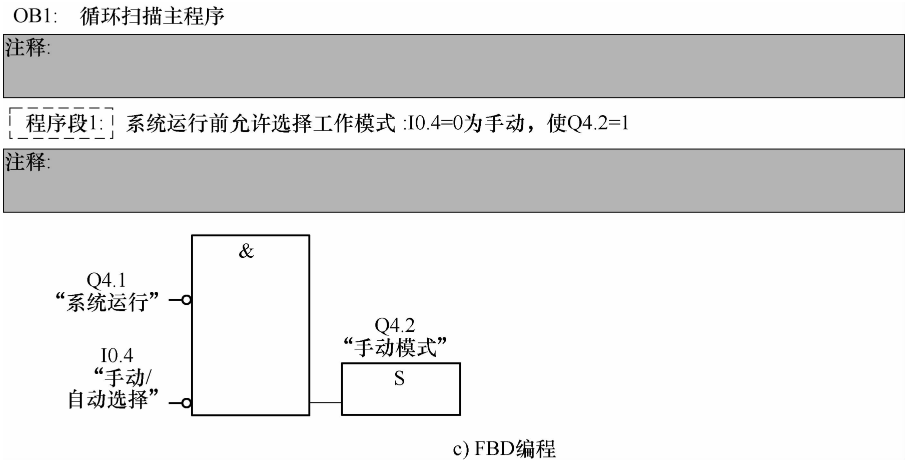


图 3-26　三种 STEP 7 常用编程语言



c) FBD编程

图 3-26　三种 STEP 7 常用编程语言（续）

3.4.2　STEP 7 位逻辑指令

针对 S7-300/400 的开关量控制，需要重点掌握 STEP7 的位逻辑指令。

STEP 7 位逻辑指令可以分为位逻辑运算指令、定时器指令、计数器指令、位测试指令。

1. 位逻辑运算指令

位逻辑运算指令是对“0”和“1”的布尔操作数进行扫描，经过相应的位逻辑运算，将逻辑运算结果“0”和“1”送到状态字的 RLO 位。

图 3-27 所示为 AND 与 OR 的工作原理，与 PLC802（即 S7-200）基本类似。

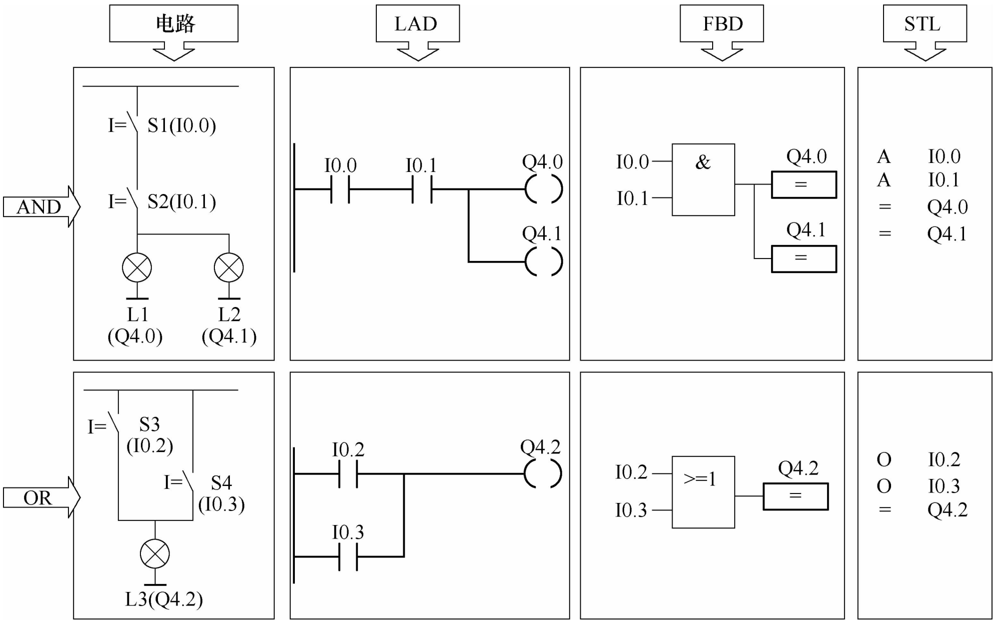


图 3-27　AND 与 OR 的工作原理

图 3-28 所示为 XOR 的工作原理，当两个信号中仅有一个满足时，输出信号状态才是“1”，其余全部为“0”。

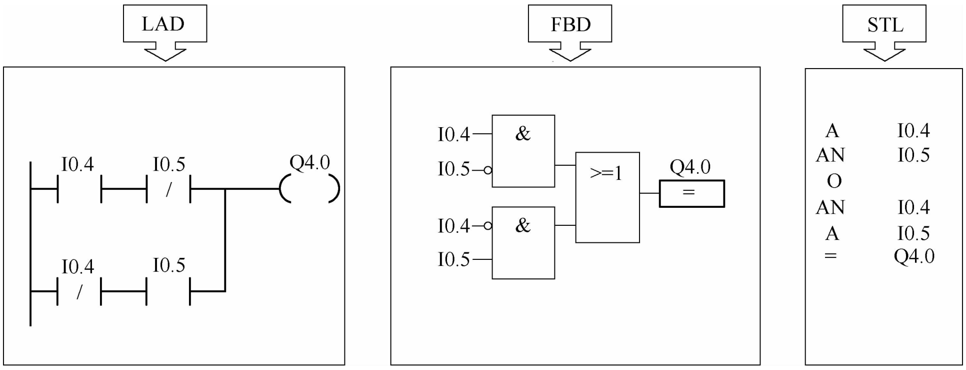


图 3-28　XOR 的工作原理

其余置位和复位指令、上升沿与下降沿、取反等与 S7-200 PLC 相同，不再一一列出。

2. 定时器指令

定时器可以提供等待时间控制，还可产生一定宽度的脉冲，也可以测量时间。它是一种由位和字组成的复合单元，定时器的触点由位表示，其定时时间值存储在字存储器中。STEP 7 定时器可分为以下 5 种类型，见表 3-7。

表 3-7　S7 定时器类型

序　号	定　时　器	描　述
1	S _ PULSE 脉冲定时器	输出信号保持在 1 的最长时间与编程时间值 *t* 相同。如果输入信号变为 0，则输出信号停留在 1 的时间会很短
2	S _ PEXT 扩展脉冲定时器	输出信号在编程时间内始终保持在 1，而与输入信号停留在 1 的时间长短无关
3	S _ ODT 接通延时定时器	仅在编程时间到，且输入信号仍为 1 时，输出信号变为 1
4	S _ ODTS 带保持的接通延时定时器	输出信号仅在编程时间到时才从 0 变为 1，而与输入信号停留在 1 的时间长短无关
5	S _ OFFDT 断开延时定时器	在输入信号变为 1 或在定时器运行时，输出信号变为 1。当输入信号从 1 变为 0 时起动计时器

这 5 种定时器的工作特点如图 3-29 所示，其中输入信号为 I0. 0，定时器触点信号接到输出 Q4. 0。

定时器字的 0 ~9 位包含二进制编码的时间值。此时间值指定多个单位。时间更新可按照由时间基准指定的间隔将时间值递减一个单位。递减会持续进行，直至时间值等于零为止。可以在累加器 1 的低字中以二进制、十六进制或二进制编码的十进制（BCD）格式装入时间值。

S7 定时器可以用以下任一格式预装入时间值：

1）W#16#wxyz，其中 w = 时间基准（即时间间隔或分辨率）；此处 xyz = 以二进制编码的十进制格式表示的时间值。

2）S5T#aH _ bM _ cS _ dMS，其中 H = 小时，M = 分钟，S = 秒，MS = 毫秒；a、b、c、d 由用户定义。如自动选择时间基准，其值舍入为具有该时间基准的下一个较小的数字。

S7 定时器可以输入的最大时间值是 9990s 或 2H _ 46M _ 30S，具体如：

S5TIME#4S = 4 秒

s5t#2h _ 15m = 2 小时 15 分钟

S5T#1H _ 12M _ 18S = 1 小时 12 分钟 18 秒

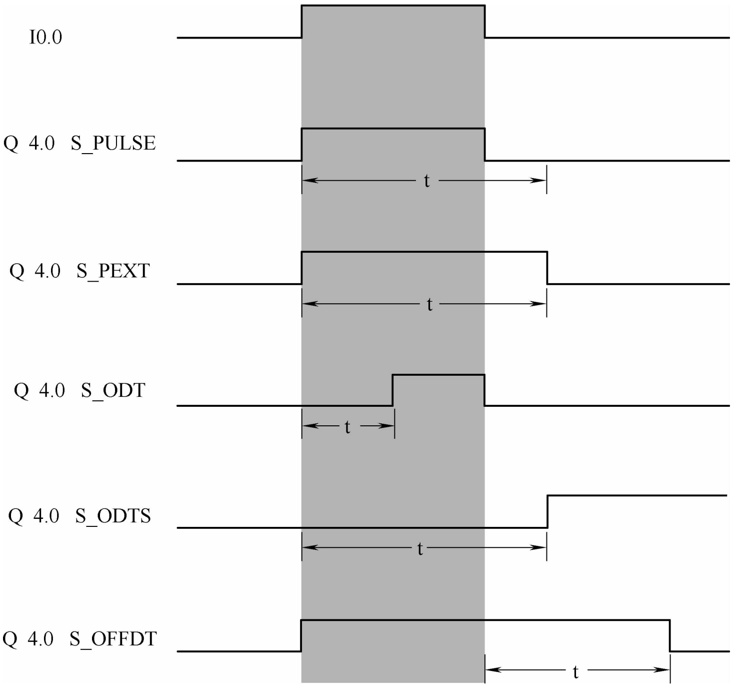


图 3-29 定时器的工作特点

3. 计数器指令

S7 计数器用于对 RLO 正跳沿计数，计数器字中的 0 ~ 11 位包含二进制代码形式的计数值，当设置某个计数器时，计数值移至计数器字，计数值的范围为 0 ~ 999，如图 3-30 所示。

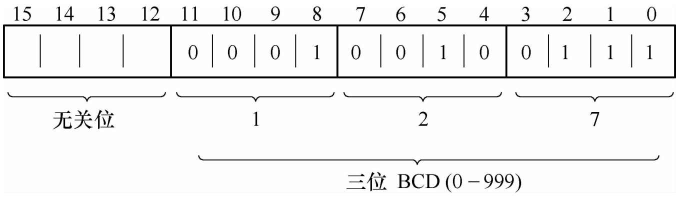


图 3-30 计数器的组成

可使用三种计数器指令在此范围内改变计数值：S _ CUD 为双向计数器；S _ CD 为降值计数器；S _ CU 为升值计数器。

3.4.3 STEP 7 数据指令

STEP 7 数据指令可以分为装载与传送指令、比较指令、算术运算指令、数据逻辑运算指令、移位和循环移位指令、数据块指令。

1. 数据格式

常见的数据包括 BCD 码、整数和实数，重点介绍整数和实数。

（1）整数。数据类型 INT 是整数（16 位）。符号位（第 15 位）表示所处理的是正数还是负数（“0” =正数，“1” =负数）。整数的表示范围是－32 768～＋32 767。整数占用存储器的一个字。用二进制表示，一个整数的负数用其正数的补码表示。所有的位取反加“1”可以得到正数的补码。

（2）实数。实数（也称浮点数）是用十进制数（例如 0. 339 或－11. 32）表示的正数或负数。为了表示 10 的乘方次数，可以用幂的形式表示实数。例如：1024 可以表示为 1. 024E3。实数占用存储器的两个字，最高位是符号位。其余的位代表指数和尾数。实数的表示范围是：$-3.402823\times10^{38}\sim3.402823\times10^{38}$。

图 3-31 所示为整数 205 和实数 45. 6789 的数据保存格式。

十进制数	BCD数
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	
11	
12	
13	
14	
15	

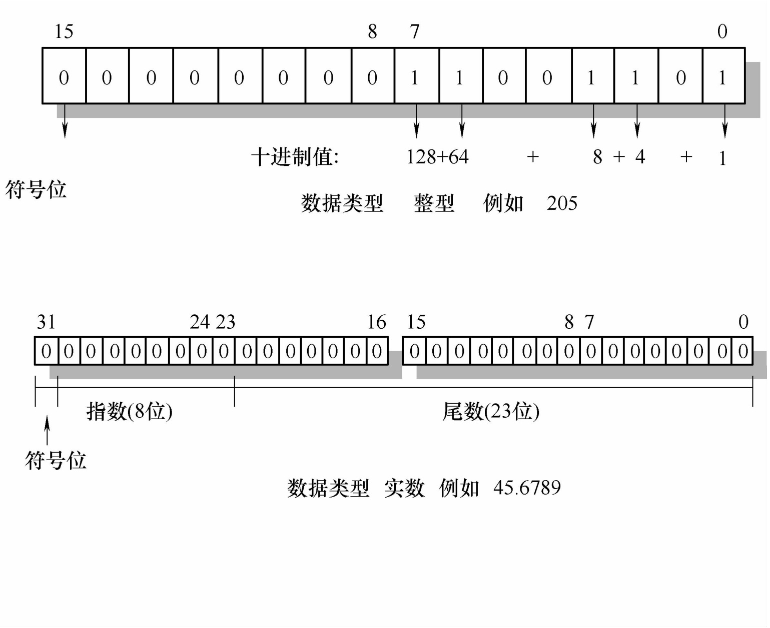


图 3-31 整数和实数的数据保存格式

2. 数据装载与传送指令

图 3-32 所示为数据装载与传送指令的三种方式，需要注意的是在字或双字指令中，高位赋值给低字节，而低位赋值给高字节。

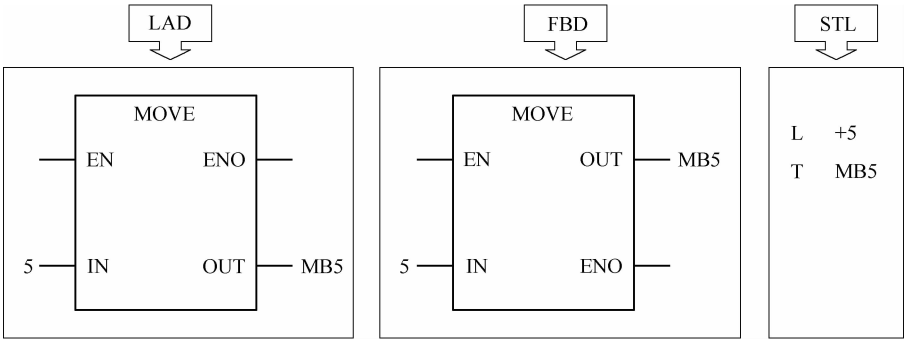


图 3-32 数据装载与传送指令的三种方式

3. 数据比较指令

图 3-33 所示为数据比较指令，用于比较累加器 2 与累加器 1 中的数据大小，比较时应确保两个数的类型相同。数据类型可以是整数、实数和长整数等。

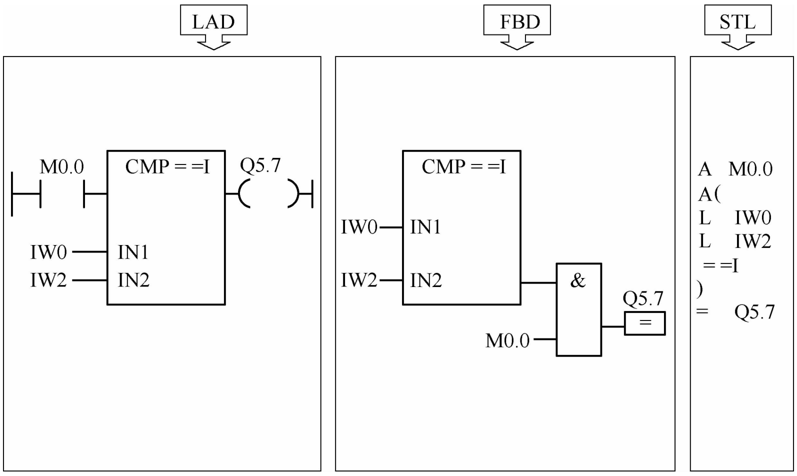


图 3-33　数据比较指令

4. 算术运算指令

基本数学运算指令有 ADD _ I（加）、SUB _ I（减）、MUL _ R（乘）、DIV _ R（除），除此之外还可以有高级数学运算指令，如浮点数运算和三角函数计算等。

5. 数据类型转换指令

由于 PLC 运算中存在不同的数据类型，现在需要将它们进行类型转换（见图 3-34）。对于该数据转换任务，比如先将 MW12 中的整数转换为 MD14 的双整数（指令为 I _ DI），然后将 MD14 转换为实数（指令为 DI _ R）。

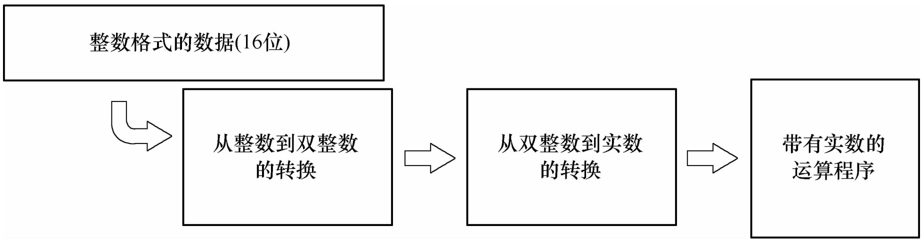


图 3-34　数据转换任务

6. 数据逻辑运算指令

S7 除了位逻辑运算之外，还可以大量地进行字或双字的数据逻辑运算，典型的字逻辑运算有 WXOR _ W（异或）、WOR _ W（或）、WAND _ W（与）指令等。

7. 移位和循环移位指令

有符号移位指令包含 SHR _ I 右移整数指令和 SHR _ DI 右移双精度整数指令两种。无符号移位指令包含 SHL _ W 向左移位字、SHR _ W 向右移位字、SHL _ DW 向左移位双字，SHR _ DW 向右移位双字。

循环指令包含 ROL _ DW 双字循环左移和 ROR _ DW 双字循环右移，从字面意思可以理解，循环指令也是移位指令中的一种，只不过移动的位并没有消失，移动出去的各个位的逻辑状态将从另一个方向移入。

3.4.4 STL 编程常见指令

装入（L，Load）指令将源操作数装入累加器 1，而累加器 1 原有的数据移入累加器 2。装入指令可以对字节（8 位）、字（16 位）、双字（32 位）数据进行操作。传送（T，Transfer）指令将累加器 1 中的内容写入目的存储区中，累加器 1 的内容不变。

1. 立即寻址的装入与传送指令

立即寻址的操作数直接在指令中。

【实例】 使用立即寻址的例子。

```
L   -35                    //将 16 位十进制常数 -35 装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   L#5                    //将 32 位常数 5 装入累加器 1
L   B#16#5A                //将 8 位十六进制常数装入累加器 1 最低字节 ACCU1-LL
L   W#16#3E4F              //将 16 位十六进制常数装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   DW#16#567A3DC8         //将 32 位十六进制常数装入累加器 1
L   2#0001_1001_1110_0010  //将 16 位二进制常数装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   25.38                  //将 32 位浮点数常数(25.38)装入累加器 1
L   'ABCD'                 //将 4 个字符装入累加器 1
L   TOD#12:30:3.0          //将 32 位实时时间常数装入累加器 1
L   D#2004-2-3             //将 16 位日期常数装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   C#50                   //将 16 位计数器常数装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   T#1M20S                //将 16 位定时器常数装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   S5T#2S                 //将 16 位定时器常数装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   P#M5.6                 //将指向 M5.6 的指针装入累加器 1
L   B#(100,12,50,8)        //装入 4 字节无符号常数
```

2. 直接寻址的装入与传送指令

直接寻址在指令中直接给出存储器或寄存器的区域、长度和位置，例如用 MW200 指定位存储区中的字，地址为 200。

【实例】 直接寻址的程序实例：

```
A   I0.0                   //输入位 I0.0 的"与"(AND)操作
L   MB10                   //将 8 位存储器字节装入累加器 1 最低的字节 ACCU1-LL
L   DIW15                  //将 16 位背景数据字装入累加器 1 的低字 ACCU1-L
L   LD22                   //将 32 位局域数据双字装入累加器 1
T   QB10                   //将 ACCU1-LL 中的数据传送到过程映像输出字节 QB10
T   MW14                   //将 ACCU1-L 中的数据传送到存储器字 MW14
T   DBD2                   //将 ACCU1 中的数据传送到数据双字 DBD2
```

3. 寄存器间接寻址

在存储器间接寻址指令中，给出一个作地址指针的存储器，该存储器的内容是操作数所

在存储单元的地址。在循环程序中经常使用存储器间接寻址。

地址指针可以是字或双字，定时器（T）、计数器（C）、数据块（DB）、功能块（FB）和功能（FC）的编号范围小于65535，使用字指针就够了。

其他地址则要使用双字指针，如果要用双字格式的指针访问一个字、字节或双字存储器，必须保证指针的位编号为0，例如 P#Q20.0。

```
L   QB[DBD 10]          //将输出字节装入累加器1,输出字节的地址指针在数据双字
                        //DBD10 中;如果 DBD10 的值为 2#0000 0000 0000 0000 0000
                        //0000 0010 0000,装入的是 QB4
A   M[LD 4]             //对存储器位做“与”运算,地址指针在数据双字 LD4 中。如果
                        //LD4 的值为 2#0000 0000 0000 0000 0000 0000 0010 0011,
                        //则是对 M4.3 进行操作
```

存储器间接寻址的双字指针格式如图 3-35 所示，共有两种。

31 24	23 16	15 8	7 0
0000 0000	0000 0bbb	bbbb bbbb	bbbb bxxx

a)

31 24	23 16	15 8	7 0
x000 0rrr	0000 0bbb	bbbb bbbb	bbbb bxxx

b)

图 3-35 存储器间接寻址的双字指针格式

其中，第 0 ~2 位（xxx）为被寻址地址中位的编号（0 ~7），第 3 ~18 位为被寻址地址的字节的编号（0 ~65535）。第 24 ~26 位（rrr）为被寻址地址的区域标识号，第 31 位 x =0 为区域内的间接寻址，第 31 位 x =1 为区域间的间接寻址。

第一种地址指针格式存储区的类型在指令中给出，例如 L DBB[AR1, P#6.0]。在某一存储区内寻址，第 24 ~26 位（rrr）应为 0。

第二种地址指针格式的第 24 ~26 位还包含存储区域标识符 rrr，为区域间寄存器间接寻址。表 3-8 为寄存器间接寻址的区域标识位。

表 3-8 寄存器间接寻址的区域标识位

区域标识符	存储区	位 26 ~24	区域标识符	存储区	位 26 ~24
P	外设输入/输出	000	DBX	共享数据块	100
I	输入过程映像	001	DIX	背景数据块	101
Q	输出过程映像	010	L	块的局域数据	111
M	位存储区	011			

如果要用寄存器指针访问一个字节、字或双字，必须保证指针中的位地址编号为 0。

指针常数#P5.0 对应的二进制数为 2#0000 0000 0000 0000 0000 0000 0010 1000。

【实例】 区内间接寻址的例子。

```
L   P#5.0               //将间接寻址的指针装入累加器 1
L   AR1                 //将累加器 1 中的内容送到地址寄存器 1
A   M[AR1,P#2.3]        //AR1 中的 P#5.0 加偏移量 P#2.3,实际上是对 M7.3 进行操作
=   Q[AR1,P#0.2]        //逻辑运算的结果送 Q5.2
L   DBW[AR1,P#18.0]     //将 DBW23 装入累加器 1
```

【实例】 区域间间接寻址的例子。

```
L   P#M6.0             //将存储器位 M6.0 的双字指针装入累加器 1
L   AR1                //将累加器 1 中的内容送到地址寄存器 1
T   W[AR1,P#50.0]      //将累加器 1 的内容传送到存储器字 MW56
```

P#M6.0 对应的二进制数为 2#1000 0011 0000 0000 0000 0000 0011 0000。因为地址指针 P#M6.0 中已经包含有区域信息，使用间接寻址的指令 T W[AR1,P#50]中没有必要再用地址标识符 M。

4. 地址寄存器的装入与传送指令

可以不经过累加器 1，与地址寄存器 AR1 和 AR2 交换数据。

【实例】 应用地址寄存器 AR1 和 AR2 的实例。

```
LAR1   DBD20      //将数据双字 DBD20 中的指针装入 AR1
LAR2   LD180      //将局域数据双字 LD180 中的指针装入 AR2
LAR1   P#M10.2    //将带存储区标识符的 32 位指针常数装入 AR1
LAR2   P#24.0     //将不带存储区标识符的 32 位指针常数装入 AR2
TAR1   DBD20      //AR1 中的内容传送到数据双字 DBD20
TAR2   MD24       //AR2 中的内容传送到存储器双字 MD24
```

5. 比较指令

表 3-9 所示为比较指令，表中“?”可以是“==”，“<>”，“>”，“<”“>=”，“<=”。

表 3-9 比较指令

语句表指令	说明
? I	比较累加器 2 和累加器 1 低字中的整数，如果条件满足，RLO = 1
? D	比较累加器 2 和累加器 1 中的双整数，如果条件满足，RLO = 1
? R	比较累加器 2 和累加器 1 中的浮点数，如果条件满足，RLO = 1

用于比较累加器 1 与累加器 2 中的数据大小，被比较的两个数的数据类型应该相同。如果比较的条件满足，则 RLO 为 1，否则为 0。状态字中的 CC0 和 CC1 位用来表示两个数的大于、小于和等于关系（见表 3-10）。

表 3-10 指令执行后的 CC1 和 CC0

CC1	CC0	比较指令	移位和循环移位指令	字逻辑指令
		累加器 2 = 累加器 1	移出位为 0	结果为 0
		累加器 2 < 累加器 1	—	—
		累加器 2 > 累加器 1	—	结果不为 0
		非法的浮点数	移出位为 1	—

【实例】 比较两个浮点数的例子。

```
L      MD4           //MD4 中的浮点数装入累加器 1
L      2.345E+02     //浮点数常数装入累加器 1，MD4 装入累加器 2
>R                   //比较累加器 1 和累加器 2 的值
=      Q4.2          //如果 MD4 > 2.345E+02，则 Q4.2 为 1
```

6. 数据转换指令

表 3-11 所示为数据转换指令，其中 3 位 BCD 码和 7 位 BCD 码的格式如图 3-36 所示。

表 3-11　数据转换指令

语句表	说　明
BTI	将累加器 1 中的 3 位 BCD 码转换成整数
ITB	将累加器 1 中的整数转换成 3 位 BCD 码
BTD	将累加器 1 中的 7 位 BCD 码转换成双整数
DTB	将累加器 1 中的双整数转换成 7 位 BCD 码
DTR	将累加器 1 中的双整数转换成浮点数
ITD	将累加器 1 中的整数转换成双整数
RND	将浮点数转换为四舍五入的双整数
RND +	将浮点数转换为大于等于它的最小双整数
RND -	将浮点数转换为小于等于它的最大双整数
TRUNC	将浮点数转换为截位取整的双整数
CAW	交换累加器 1 低字中两个字节的位置
CAD	交换累加器 1 中 4 个字节的顺序

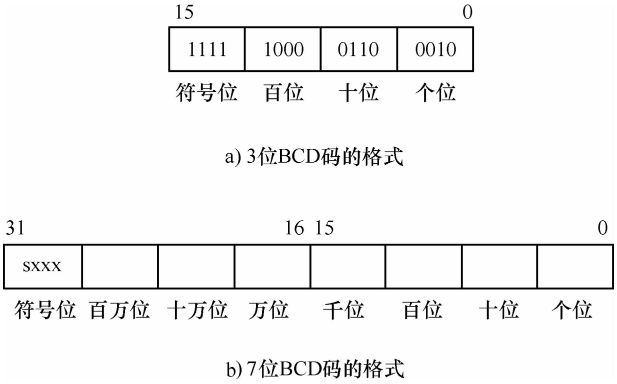


图 3-36　BCD 码格式

7. 取反与求补指令

表 3-12 所示为取反与求补指令。

表 3-12　取反与求补指令

语句表指令	说　明	语句表指令	说　明
INVI	求累加器 1 低字中的 16 位整数的反码	NEGD	求累加器 1 中双整数的补码
INVD	求累加器 1 中双整数的反码	NEGR	将累加器 1 中的浮点数的符号位取反
NEGI	求累加器 1 低字中的 16 位整数的补码		

8. 数学运算指令

表 3-13 所示为整数数学运算指令，表 3-14 为浮点数数学运算。图 3-37 所示为数学运算的累加器变化。需要注意的是，语句表中“＊I”指令的运算结果为 32 位整数，梯形图中 MUL _ I 指令的运算结果为 16 位整数。

表 3-13　整数数学运算指令

语句表	描　述
+ I	将累加器 1,2 低字中的整数相加,运算结果在累加器 1 的低字中
- I	累加器 2 中的整数减去累加器 1 中的整数,运算结果在累加器 1 的低字中

（续）

语句表	描　　述
*I	将累加器 1,2 低字中的整数相乘,32 位双整数运算结果在累加器 1 中
/I	累加器 2 的整数除以累加器 1 的整数,商在累加器 1 的低字,余数在累加器 1 的高字
+	累加器的内容与 16 位或 32 位常数相加,运算结果在累加器 1 中
+D	将累加器 1,2 中的双整数相加,双整数运算结果在累加器 1 中
-D	累加器 2 中的双整数减去累加器 1 中的双整数运算结果在累加器 1 中
*D	将累加器 1,2 中的双整数相乘,32 位双整数运算结果在累加器 1 中
/D	累加器 2 中的双整数除以累加器 1 中的双整数,32 位商在累加器 1 中
MOD	累加器 2 中的双整数除以累加器 1 中的双整数,32 位余数在累加器 1 中

表 3-14　浮点数数学指令

语句表	描　　述
+R	将累加器 1,2 中的浮点数相加,浮点数运算结果在累加器 1 中
-R	累加器 2 中的浮点数减去累加器 1 中的浮点数,运算结果在累加器 1 中
*R	将累加器 1,2 中的浮点数相乘,浮点数乘积在累加器 1 中
/R	累加器 2 中的浮点数除以累加器 1 中的浮点数,商在累加器 1,余数丢掉
ABS	取累加器 1 中的浮点数的绝对值
SQR	求浮点数的二次方
SQRT	求浮点数的平方根
EXP	求浮点数的自然指数
LN	求浮点数的自然对数
SIN	求浮点数的正弦函数
COS	求浮点数的余弦函数
TAN	求浮点数的正切函数
ASIN	求浮点数的反正弦函数
ACOS	求浮点数的反余弦函数
ATAN	求浮点数的反正切函数

9. 移位与循环移位指令

表 3-15 所示为移位指令，它对累加器 1 中的数操作，结果在累加器 1 中。需要注意的是：用指令中的参数 <number> 来指定移位位数，16 位移位指令为 0 ~ 15，32 位移位指令为 0 ~ 3。如果 <number> 等于 0，移位指令被当做 NOP（空操作）指令来处理；如果指令没有参数 <number>，移位位数放在累加器 2 的最低字节中（0 ~ 255），而如果移位位数等于 0，移位指令被当做 NOP（空操作）指令来处理。一旦有符号字的移位位数 > 16 时，移位后被移位的数的各位全部变成了符号位。

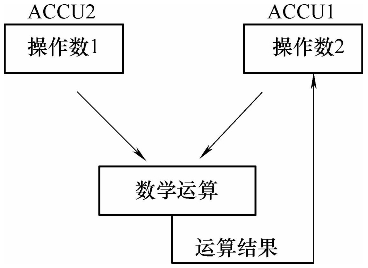


图 3-37　数学运算的累加器变化

表 3-15 移 位 指 令

名 称	语句表	描 述
有符号整数右移	S SI	整数逐位右移,空出的位添上符号位
有符号双整数右移	S SD	双整数逐位右移,空出的位添上符号位
16 位字左移	S LW	字逐位左移,空出的位添 0
16 位字右移	S RW	字逐位右移,空出的位添 0
16 位双字左移	S LD	双字逐位左移,空出的位添 0
16 位双字右移	S RD	双字逐位右移,空出的位添 0
双字循环左移	R LD	双字循环左移 双字循环右移
双字循环右移	R RD	双字通过 CC1(一共 33 位)循环左移
双字 + CC1 循环左移	R LDA	双字通过 CC1(一共 33 位)循环右移
双字 + CC1 循环右移	R RDA	

10. 其他指令

字逻辑运算指令如 AW、OW、XOW、AD、OD、XOD 分别表示字与、字或、字异或、双字与、双字或、双字异或。还有累加器指令、逻辑控制指令、程序控制指令、数据块指令请参考西门子说明书与本书附赠光盘，此处不再赘述。

3.5 STEP 7 程序结构

3.5.1 STEP 7 程序结构的基本原理

1. CPU 中的程序

S7-300/400 系列 CPU 原则上运行两个不同的程序：操作系统和用户程序。

每个 CPU 都带有集成的操作系统，组织与特定控制任务无关的所有 CPU 功能和顺序。操作系统任务包括下列各项：处理重启（热启动）和热重启；更新输入的过程映像表，并输出输出过程映像表；调用用户程序；采集中断信息，调用中断 OB；识别错误并进行错误处理；管理内存区域；与编程设备和其他通信伙伴进行通信；通过修改操作系统参数（操作系统默认设置），可以在某些区域影响 CPU 响应。

用户程序则是由用户进行创建，在 STEP 7 中进行编程后并将其下载到 CPU 中。它包含处理特定自动化任务所要求的所有功能，其任务包括：确定 CPU 的重启（热启动）和热重

启条件，如用特定值初始化信号；处理过程数据，如产生二进制信号的逻辑链接，获取并评估模拟量信号，指定用于输出的二进制信号，输出模拟值；响应中断；处理正常程序周期中的干扰。

2. 用户程序中的块

在 STEP 7 编程软件中进行构建的用户程序，可以将程序分成单个或独立的程序段，称为“块”，这对于一个大的工业自动化过程来说具有非常大的优点，比如易于理解、可以标准化、方便修改程序、简化测试等。表 3-16 所示为在 S7 用户程序内可使用多种块的类型。

表 3-16　在 S7 用户程序内可使用多种块的类型

块	功 能 简 介
组织块(OB)	OB 确定用户程序的结构
系统功能块(SFB)和系统功能(SFC)	SFB 和 SFC 集成在 S7 CPU 中,可以用来访问一些重要的系统功能
功能块(FB)	FB 是带有用户可自行编程的“存储器”的块
功能(FC)	FC 包含频繁使用功能的例行程序
实例数据块(实例 DB)	调用 FB/SFB 时,实例 DB 与块关联。它们在编译期间自动创建
数据块(DB)	DB 是用于存储用户数据的数据区。除分配给功能块的数据外,共享数据块也可由任何一个块来定义和使用

OB、FB、SFB、FC 和 SFC 包含程序段，因此也称为逻辑块。每种块类型许可的块数目和块长度由 CPU 决定。

3.5.2　组织块

组织块（OB）表示操作系统和用户程序之间的接口，它由操作系统调用，控制循环中断驱动的程序执行、PLC 起动特性和错误处理。用户可以在 STEP 7 中对组织块进行编程来确定 CPU 特性。

常见的组织块如图 3-38 所示。

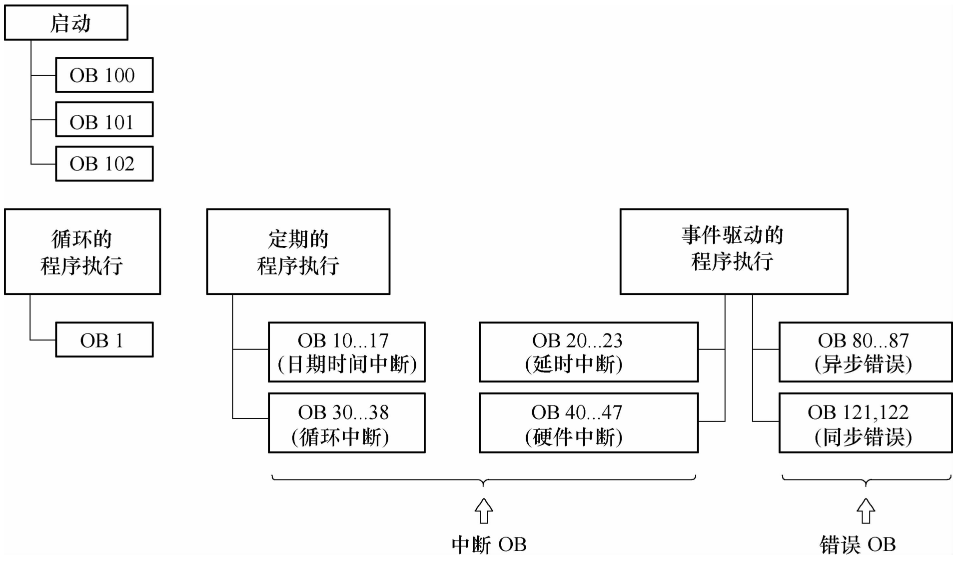


图 3-38　常见的组织块

3.5.3 功能块、功能和数据块

1. 功能块和系统功能块

功能块（FB）是属于用户自己编程的块，需要分配数据块（DB）作为其内存（实例数据块），因此传送到FB的参数和静态变量保存在实例DB中，而临时变量则保存在本地数据堆栈中。执行完FB时，不会丢失实例DB中保存的数据。但执行完FB时，会丢失保存在本地数据堆栈中的数据。

系统功能块（SFB）是集成在S7 CPU中的功能块，SFB是操作系统的一部分，不作为程序的一部分而被加载。同FB一样，必须给SFB创建实例数据块，然后将它们作为程序的一部分下载到CPU中。

2. 功能和系统功能

功能（FC）也是属于用户自己编程的块，是一种“不带内存”的逻辑块。属于FC的临时变量保存在本地数据堆栈中，执行FC时，该数据将丢失，为永久保存该数据，功能也可使用共享数据块。由于FC本身没有内存，因此，必须始终给它指定实际参数。不能给FC的本地数据分配初始值。

FC和FB输出参数之间的重要区别在于后者使用实例DB。在功能块（FB）中，访问参数时，使用实例DB中的实际参数副本。如果调用FB时，没有传送输入参数或没有写访问输出参数，那么将使用原先保存在实例DB（实例DB = FB内存）中的值。但功能（FC）没有内存。因此，与FB相反，将形式参数分配给这些FC不是可选，而是必需的。通过地址（指针跨过区域边界指向目标）访问FC参数。当数据区（数据块）地址或调用块的局部变量用作实际参数时，实际参数的副本将临时保存到用于传送参数的调用块的本地数据区中。

系统功能（SFC）是集成在S7 CPU中的预编程功能，可以在程序中调用SFC。SFC属于操作系统，不能作为程序的一部分而被加载。同FC一样，SFC也是“不具内存”的块。

3. 数据块

与逻辑块（如FB、OB等）相反，数据块不包含STEP 7指令，它们用来存储用户数据，即数据块包含用户程序使用的变量数据。共享数据块则用来存储可由所有其他块访问的用户数据，其大小各不相同。用户也可以任何方式构造共享数据块，满足特定要求。

3.5.4 用户程序中的调用体系

要使用户程序正常运行，必须调用构成用户程序的块。这通过特殊的STEP 7指令、块调用来完成，而这些指令、块调用只能在逻辑块中编程和启动（见图3-39）。

根据块调用的逻辑关系可以确定创建块的固定次序，即从上到下创建块，因此可以从块的顶行开始，调用的每个块必须已经存在，即在一行块内，创建块的次序为从右到左，最后要创建的块是OB1。

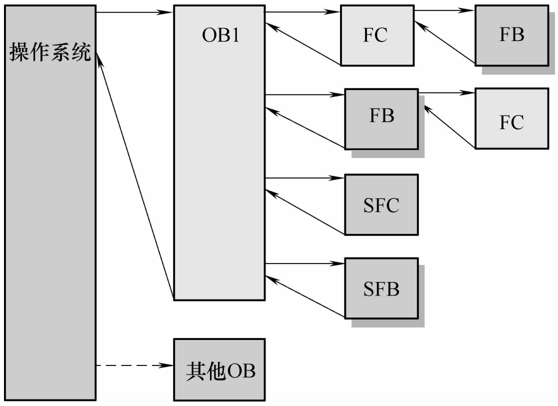


图3-39 逻辑块的编程和启动

第4讲

主轴与进给驱动

【导读】

数控机床的主轴与进给驱动系统包括主轴、进给驱动器和主轴、进给电动机。目前流行的主轴驱动系统分为变频驱动（即模拟主轴）和伺服驱动两种。为满足数控机床对主轴驱动的要求，主轴驱动系统必须具备输出功率大、速度稳定、过载能力强、电动机温升低、易维护等特点。对于进给则要求能可逆运行、具有足够的传动刚度和高的速度稳定性、快速响应并无超调、高精度、低速大转矩等。本讲主要介绍了 SIMODRIVE 611 系列驱动器、S120 驱动器和相关电动机。

4.1　SIMODRIVE 611 驱动器

4.1.1　概述

图 4-1 所示的 SIMODRIVE 611 系列的驱动器分成模拟 611A，数字 611D 和通用型 611U。都是模块化结构，主要由以下几个模块组成。

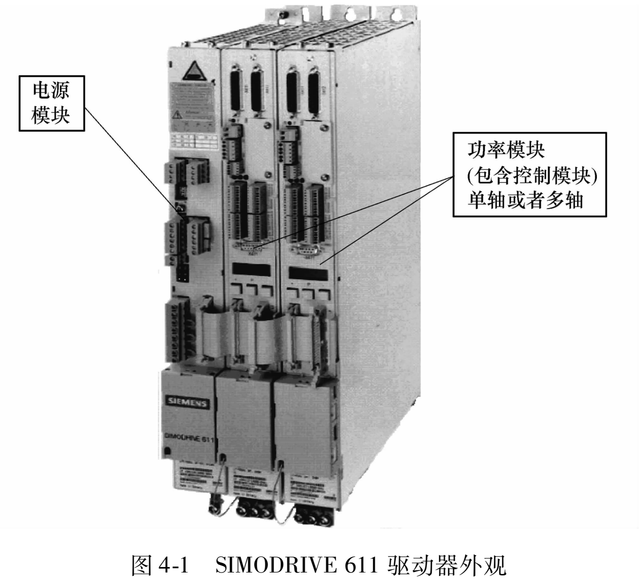


图 4-1　SIMODRIVE 611 驱动器外观

1. 电源模块

电源模块是提供驱动和数控系统的电源，包括维持系统正常工作的弱电和供给功率模块

用的600V直流电压。根据直流电压控制方式，它又分为开环控制的UE模块和闭环控制的I/R模块，UE模块没有电源的回馈系统，其直流电压正常时为570V左右，而当制动能量大时，电压可高达640V。I/R模块的电压一直维持在600V左右。

2. 控制模块

控制模块实现对伺服轴的速度环和电流环的闭环控制。

3. 功率模块

对伺服电动机提供频率和电压可变的交流电源。

除此之外还有监控模块（主要是对电源模块弱电供电能力的补充）、滤波模块（对电源进行滤波作用）、电抗器（对电压起到平稳作用）等。

SIMODRIVE 611 universal（即611U）是其中一种最常用的驱动器，其可以挂接的西门子电动机包括：1FK6/1FT6伺服电动机，最大140N·m；1FE1永磁同步电动机；1PH感应电动机，最大100kW（1PH6，1PH4，1PH2，1PH7）；不带编码器的感应电动机；标准1LA感应电动机，最大100kW；1FN直线电动机；1FW6电动机等。

4.1.2 SIMODRIVE 611U驱动器及其与CNC的连接

SIMODRIVE 611U伺服驱动器分为电源馈入模块、闭环速度控制模块和功率模块两部分，分别针对这两部分的接线进行分析。

1. 电源馈入模块

电源馈入模块的接线可以参照图4-2进行。

（1）主回路端子

U1、V1、W1为主回路三相电输入端口。X181为工作电源的输入端口，使用时常常与主电源短接，有的系统为了让机床在断电后还能正常工作一段时间，把600V的电压端子与P500、M500端子短接，这样由于600V电压不能马上放电完毕，还能维持驱动控制板工作一段时间。P600、M600是600V直流电压输出端子。

（2）控制回路端子

端子号64（即T64，以下同）为控制使能输入，该信号同时对所有连接的模块有效，该信号取消时，所有的轴的速度给定电压为零，轴以最大的加速度停车。延迟一定的时间后，取消脉冲使能。

T63为脉冲使能输入，该信号同时对所有连接的模块有效，该信号取消后，所有的轴的电源取消，轴以自由运动的形式停车。

T48为主回路继电器，该信号断开时，主控制回路电源主继电器断开。

T112为调试或标准方式，该信号一般用在传输线的调试中，一般情况接到系统的24V上。

X121为模块准备好信号和模块的过热信号。准备好信号与模块的拨码开关的设置有关，当S1.2=ON时，模块有故障时，准备好信号取消，而S1.2=OFF时，模块有故障和使能（63，64）信号取消时，都会取消准备好信号，因此在更换该模块的时候要检查模块顶部的拨码开关的设置，否则模块可能会工作不正常。所有的模块过载和连接的电动机过热都会触发过热报警输出。

NS1/NS2为主继电器闭合使能，只有该信号为高电平时，主继电器才可能得电。该信号常用来做主继电器闭合的联锁条件。

AS1/AS2 为主继电器状态，该信号反映主继电器的闭合状态，主继电器闭合时为高电平。9/19/R 端子中，9 是 24V 输出电压，19 是 24V 的地，R 为模块的报警复位信号。

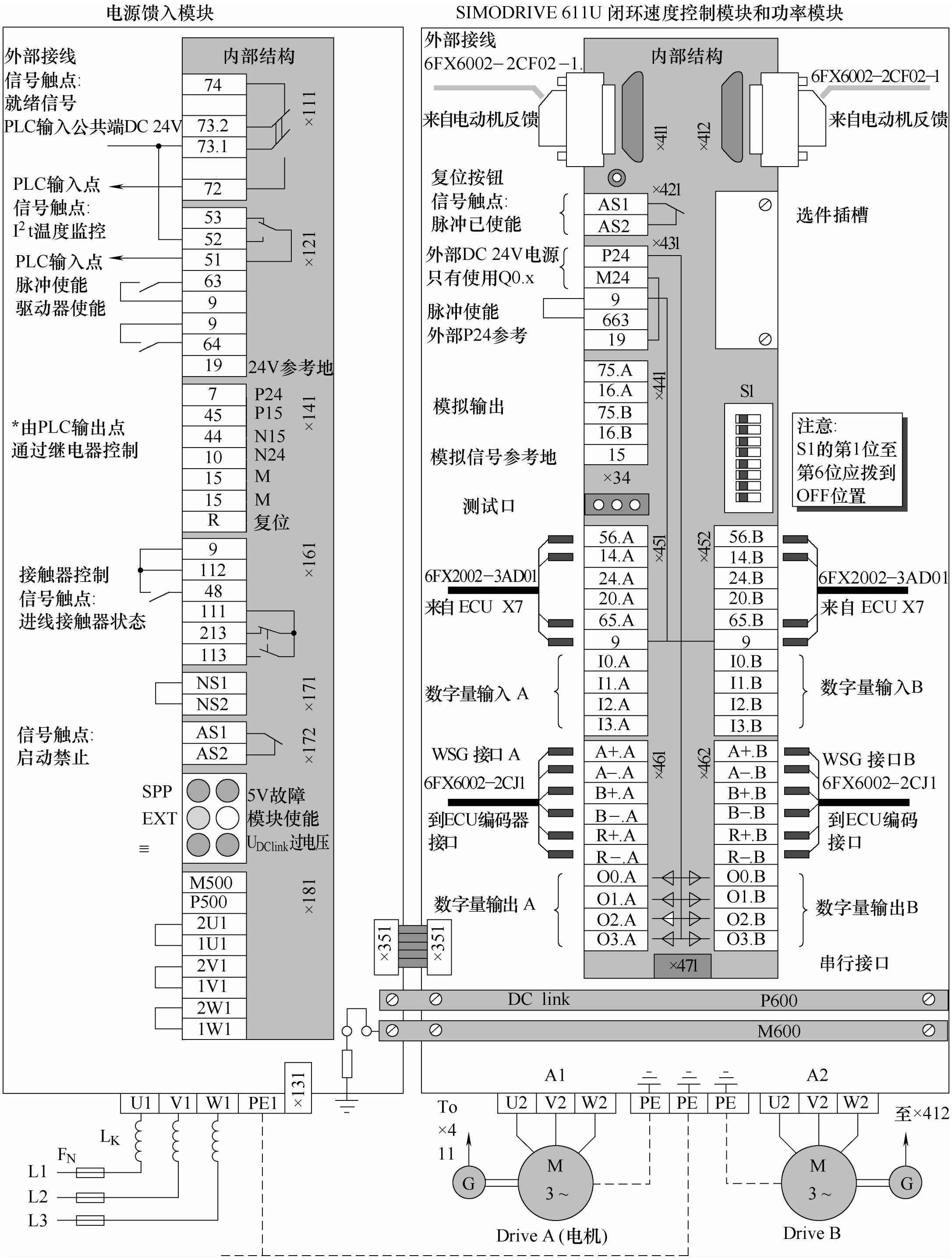


图 4-2　电源馈入模块的接线

电源模块各端子要求如下：

1）PLC 程序对电源模块的使能端子 T48、T63 和 T64 进行控制。端子 T72 和 T52 的状态也对使能端子的控制产生互锁。系统中所集成 PLC 应用程序已经对电源模块的各控制端子进行控制。

2）电源模块的控制端子的接通/断开按下列时序控制，各端子接通与断开的延时时间为 50～100ms。

①上电时，端子 T48 与 T9 接通，直流母线开始充电，延时后 T63 与 T9 接通，最后 T64 和 T9 接通；

②断电时，端子 T64 与 T9 断开，延时后（主轴和进给轴停止）T63 与 T9 断开，最后 T48 与 T9 断开。只有在 T48 断开之后才能切断总电源。

3）电源模块指示灯含义如图 4-3 所示。

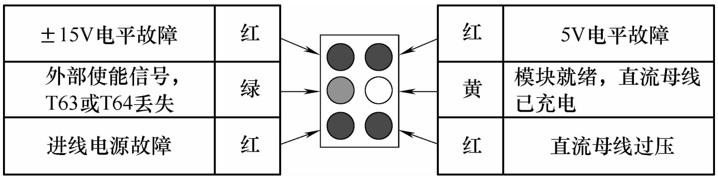


图 4-3　电源模块指示灯含义

2. 闭环速度控制模块和功率模块外部接口的接线

如图 4-4 所示，连接 CNC 控制器接口 X7 到 SIMODRIVE 611U X451/452 接口输入 X/Y 轴控制信号，连接 SIMODRIVE 611U X461/462 接口到 X/Y 轴编码器接口 X3/X4 输出 X/Y 轴控制信号。

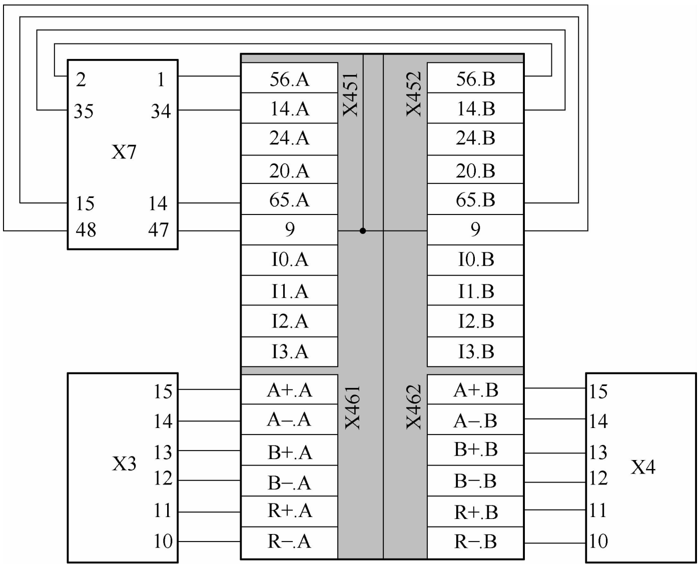


图 4-4　引脚接线图

802C bl 连接 611U 伺服驱动，分为速度给定值电缆、电动机编码器电缆、位置反馈电缆和电动机动力电缆（见图 4-5～图 4-8）。

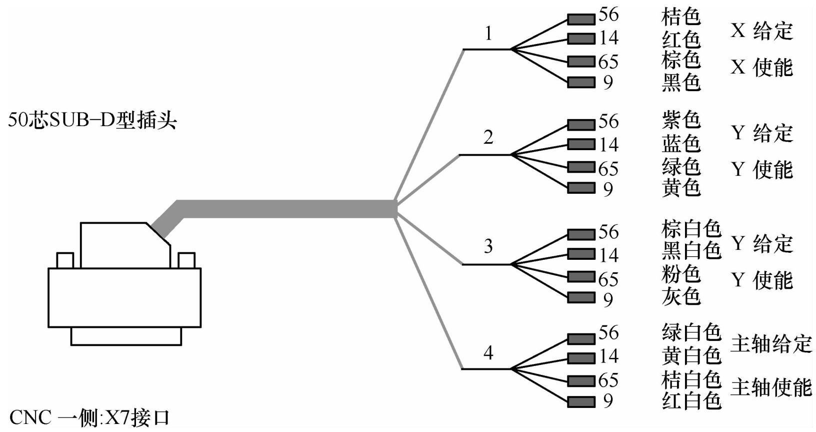


图 4-5　速度给定值电缆

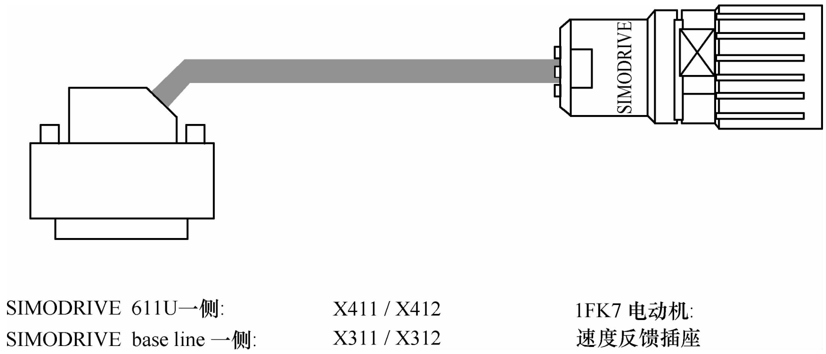


图 4-6　电动机编码器电缆

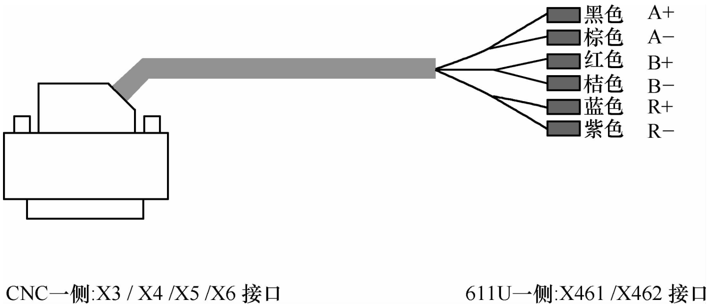


图 4-7　位置反馈电缆

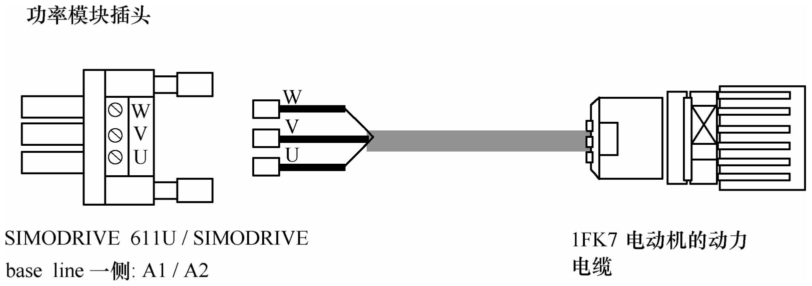


图 4-8　电动机动力电缆

1）速度给定值电缆：连接 CNC 控制器 X7 接口到 SIMODRIVE 611U 的 X451/X452 接口。

2）电动机编码器电缆：连接 1FK7 电动机到 SIMODRIVE 611U 的 X411/X412 接口。

3）位置反馈电缆：连接 CNC 的 X3、X4、X5、X6 到 SIMODRIVE 611U 的 X461/X462 接口。

4）电动机动力电缆：连接 1FK7 电动机的动力接口到 SIMODRIVE 611U 的功率模块 A1/A2 的 U2、V2、W2 接线端子。

4.1.3 611U 驱动器的参数设定

1. 通信方式

611U 是一种通用型的伺服驱动器，可以根据不同的应用场合，使用工具软件 SimoComU，能很方便地进行各种参数的设定。RS232 通信电缆是连接数控系统和 PC（或 611U 和 PC）的唯一途径。因此必须严格按照图 4-9 连接并保证机床电气柜的保护地与计算机的保护地共地，否则可能导致 802C bl、611U 或计算机的硬件损坏。

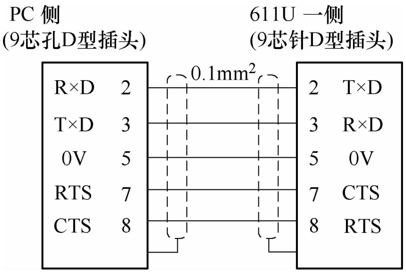


图 4-9 SIMODRIVE 611U 串行电缆的连接

2. SimoComU 软件的基本操作

在通信电缆硬件连接完成后，需要检查 611U 驱动器参数 P0801 “toggling between RS232/RS485”：参数应该设置为 RS232（P0801 = 0），建议采用操作面板检查此参数。然后可以进行驱动器的参数设置，具体如下。

步骤 1：启动 SimoComU，对通信接口进行设置（即 RS232），如图 4-10 所示。

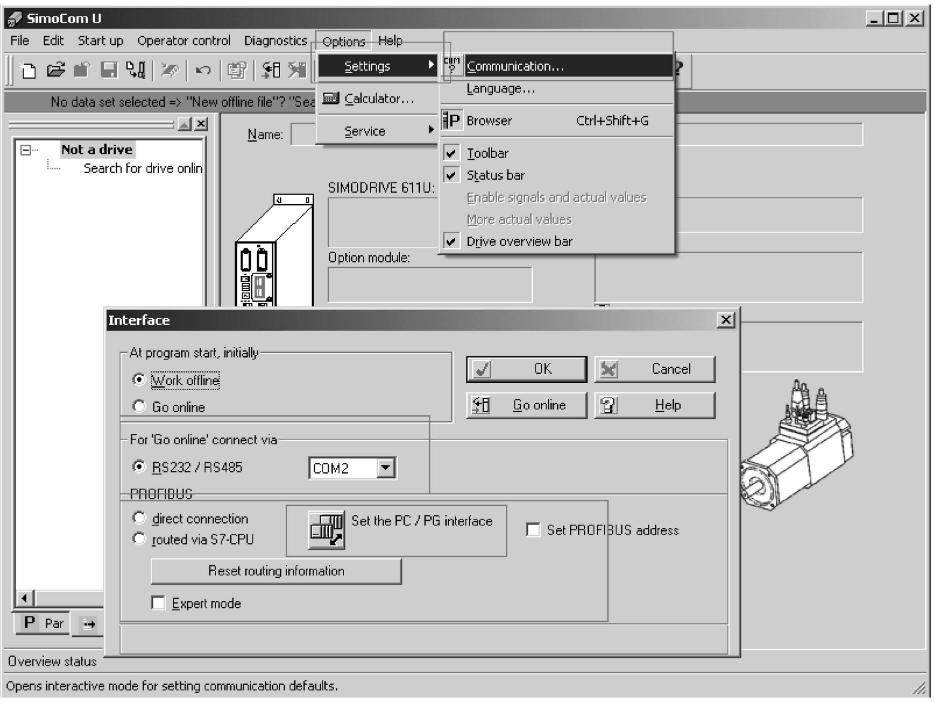


图 4-10 通信方式设置

步骤 2：自动查找设备，如图 4-11 所示。

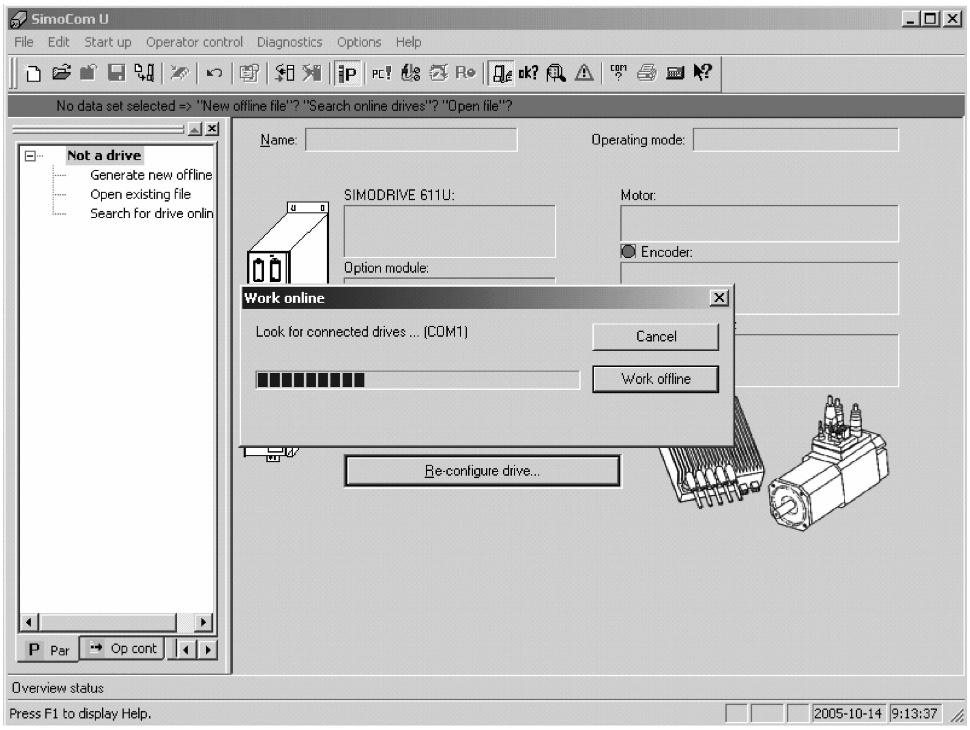


图 4-11　自动查找设备

步骤 3：进入配置传动选项，如图 4-12 所示。

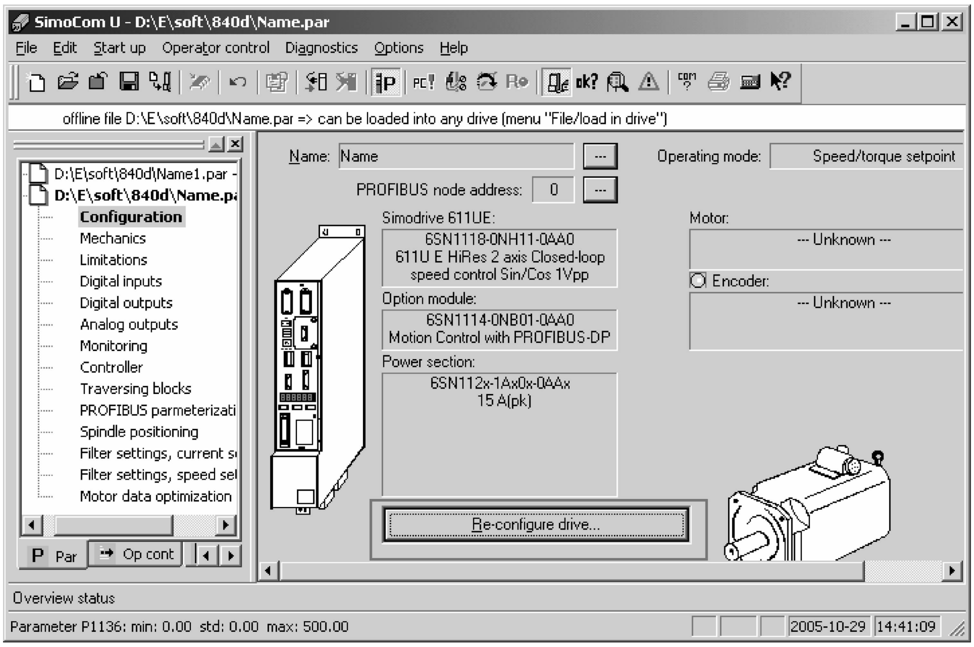


图 4-12　配置传动选项

步骤4：在图4-13中输入传动名字，以便于更方便地辨识，此名字不是参数文件名。

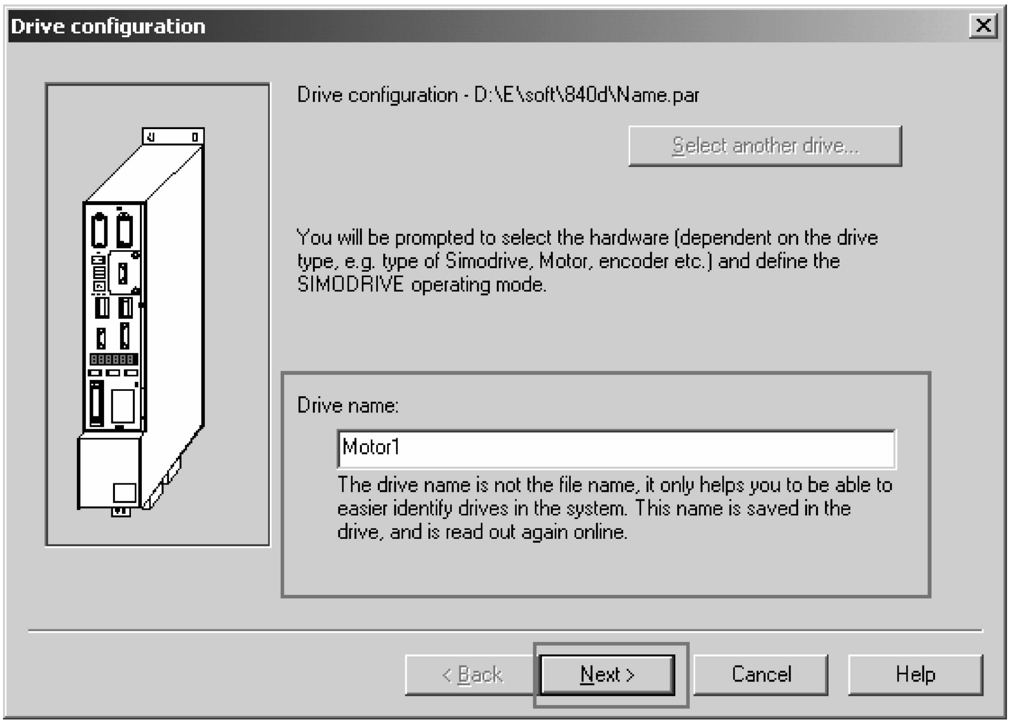


图4-13 输入电动机名称

步骤5：选择611U板卡类型（见图4-14）。

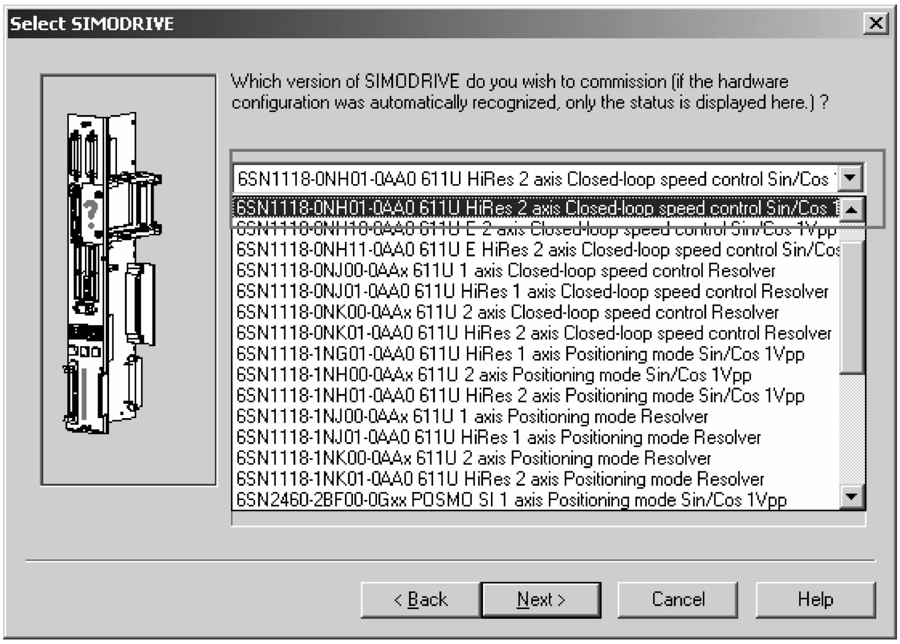


图4-14 选择611U板卡类型

步骤 6：在图 4-15 中，选择可选件，比如 PROFIBUS-DP 卡。

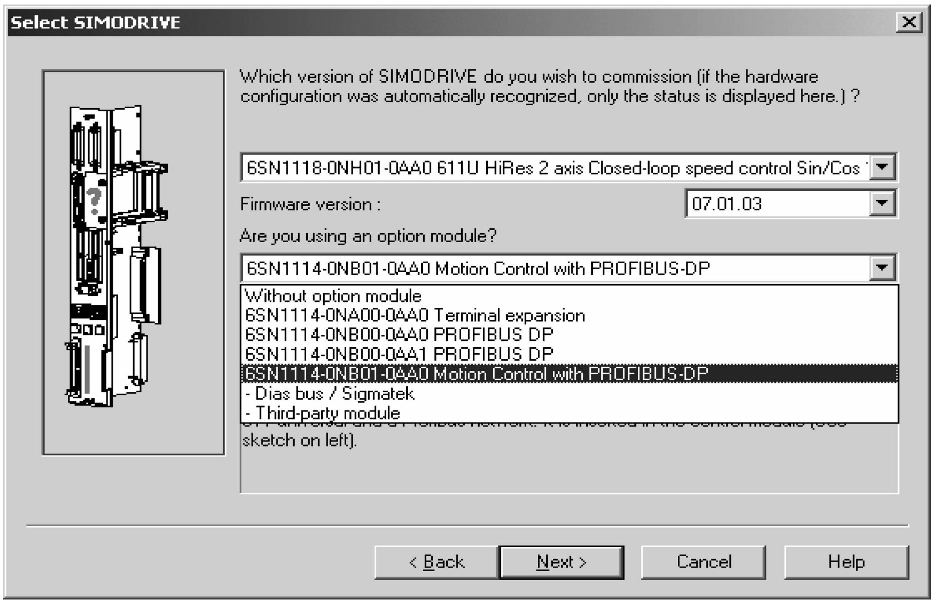


图 4-15　选择可选件

步骤 7：选择电动机的型号，如 1T6084-XAH7X（见图 4-16）。

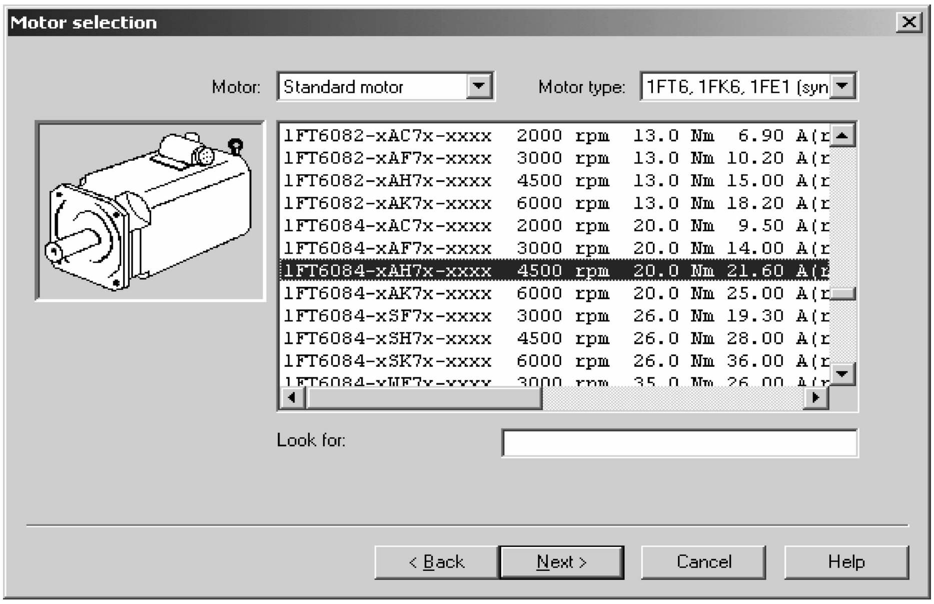


图 4-16　选择电动机的型号

步骤 8：根据电动机所配置的编码器情况选择编码器类型，如图 4-17 所示，其中第一项是增量编码器，第二项为绝对值编码器。

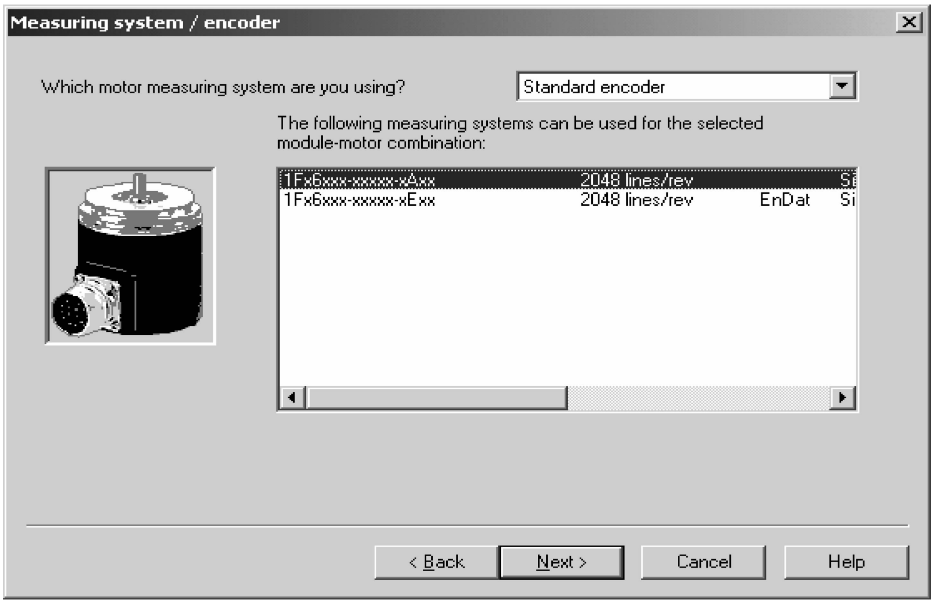


图 4-17　选择测量装置（编码器类型）

步骤 9：选择速度控制方式（见图 4-18）。

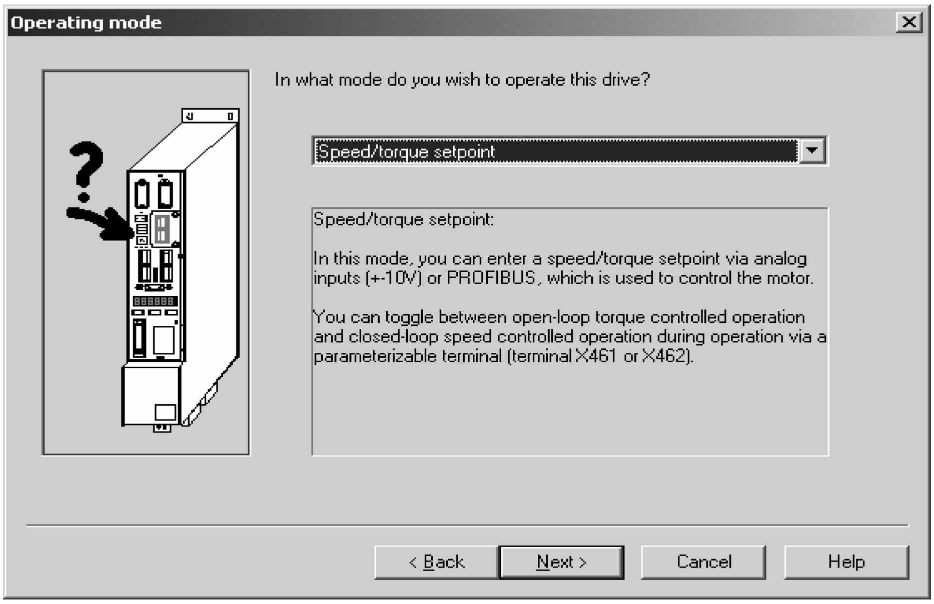


图 4-18　选择速度控制方式

步骤 10：SimoComU 列出所选择的数据，如果数据无误，选择“接受该驱动器配置”，如图 4-19 所示。

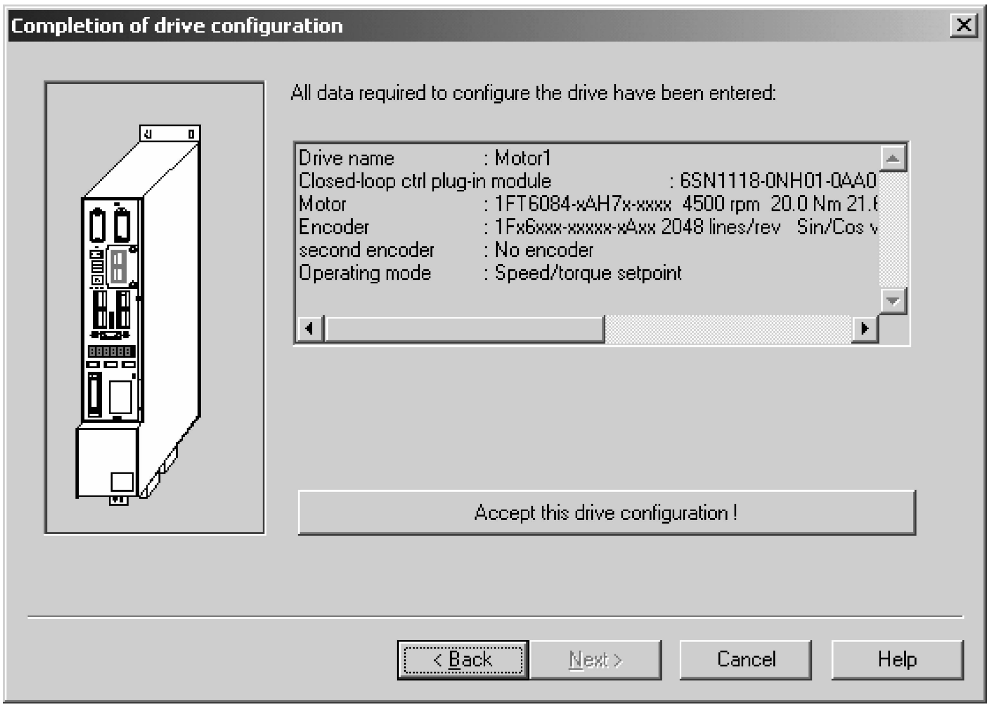


图 4-19　接收数据

步骤 11：可以在图 4-20 中进行参数修改，包括传动名字、可选件 PROFIBUS 地址等。

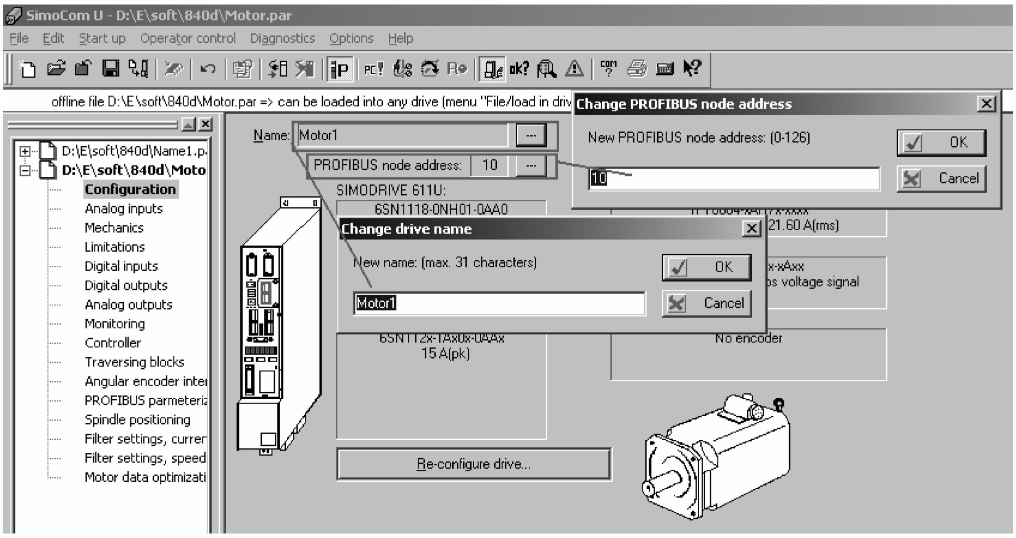


图 4-20　参数修改

步骤 12：选择联机后，进行 PC 操作，同时进行优化等流程操作（见图 4-21）。

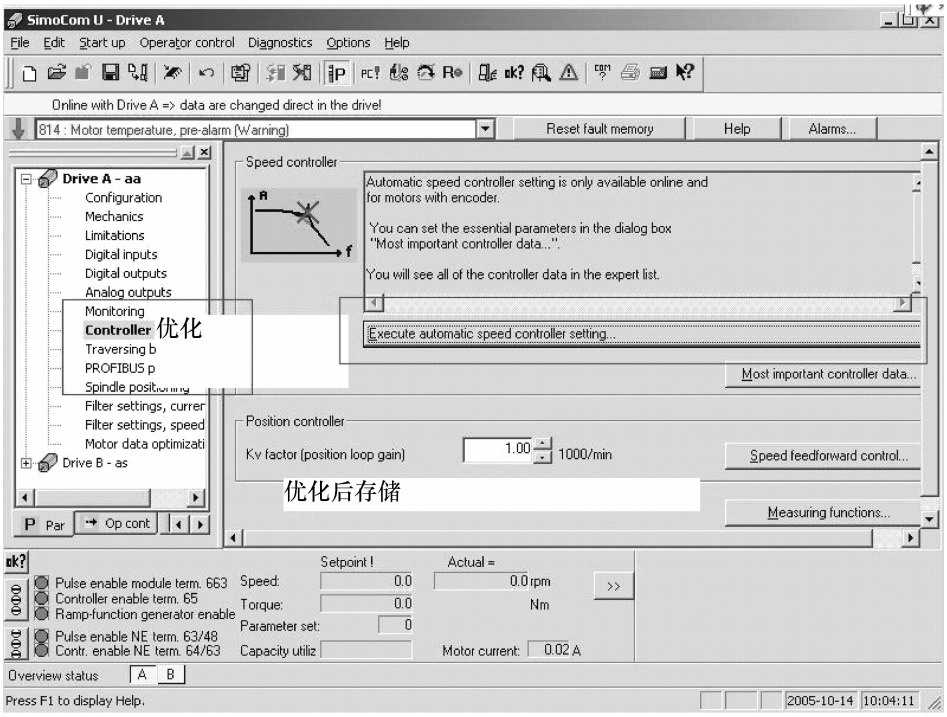


图 4-21 参数优化

步骤 13：如图 4-22 所示进行电动机在线运行操作（即通过 PC 上的软件进行操作）。

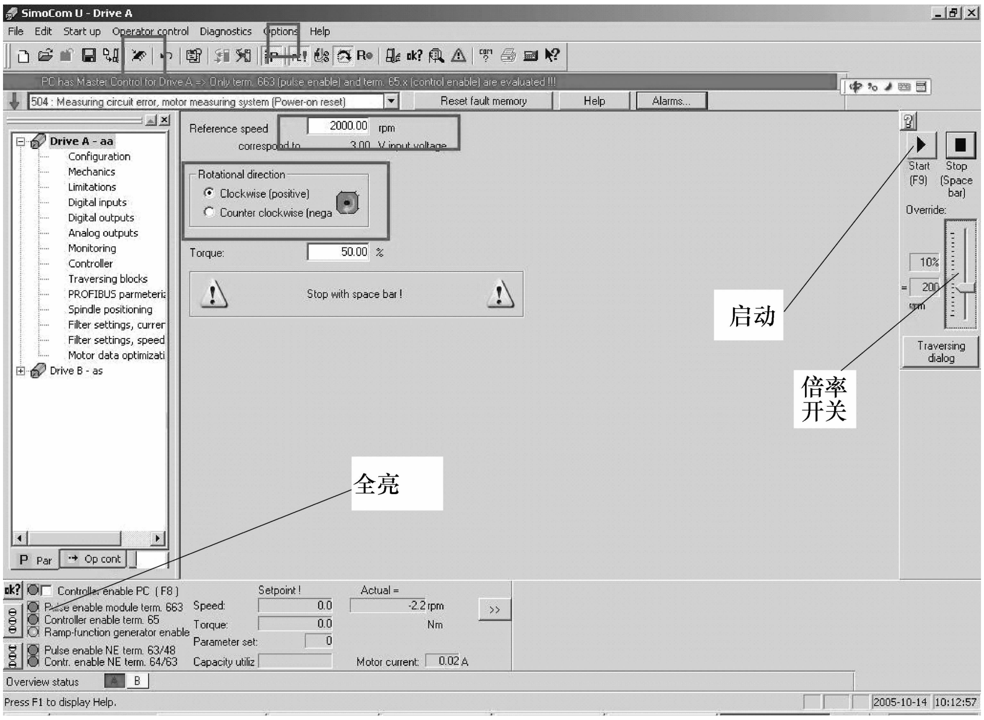


图 4-22 电动机运行操作

步骤 14：可以对传动参数进行在线复位（见图 4-23）。

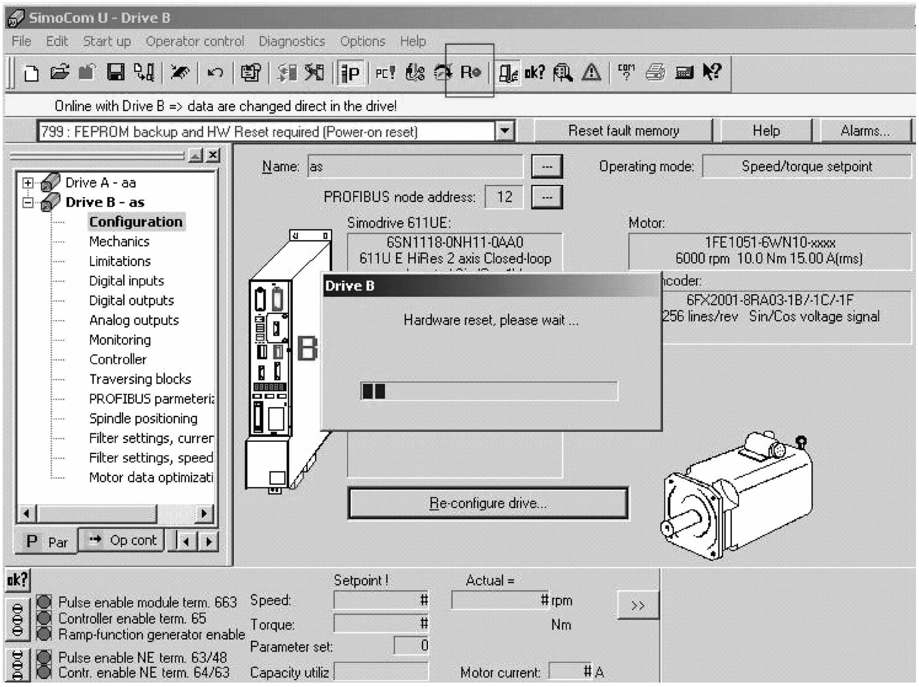


图 4-23　传动复位

步骤 15：将调试好的参数保存到 *. par 中（见图 4-24）。

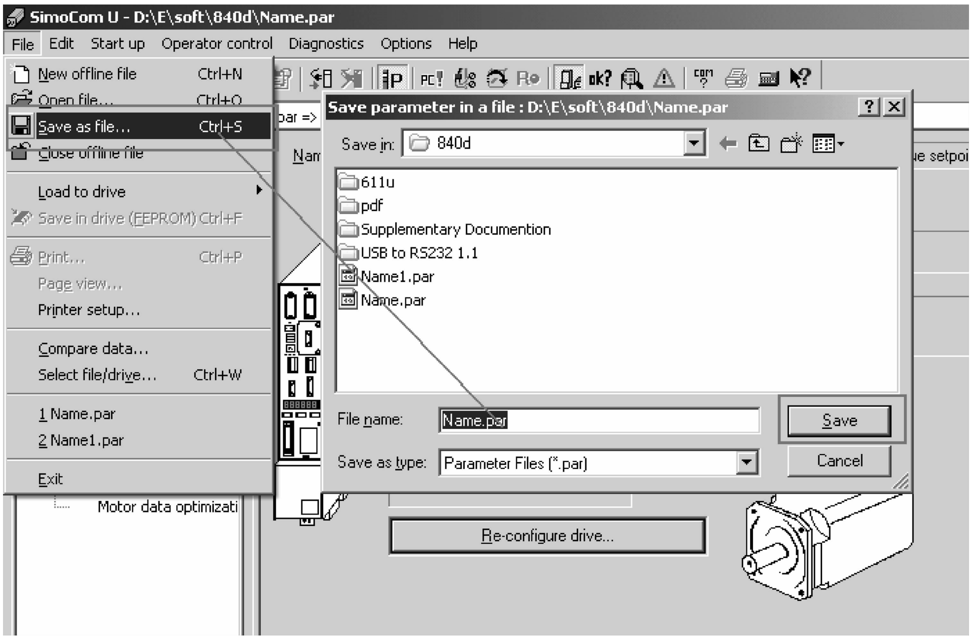


图 4-24　参数保存

步骤 16：打开已经保存过的参数文件，可以下载该参数到 611U 驱动器中去（见图 4-25）。这对于传动的调试具有极大的好处，尤其是批量传动调试。

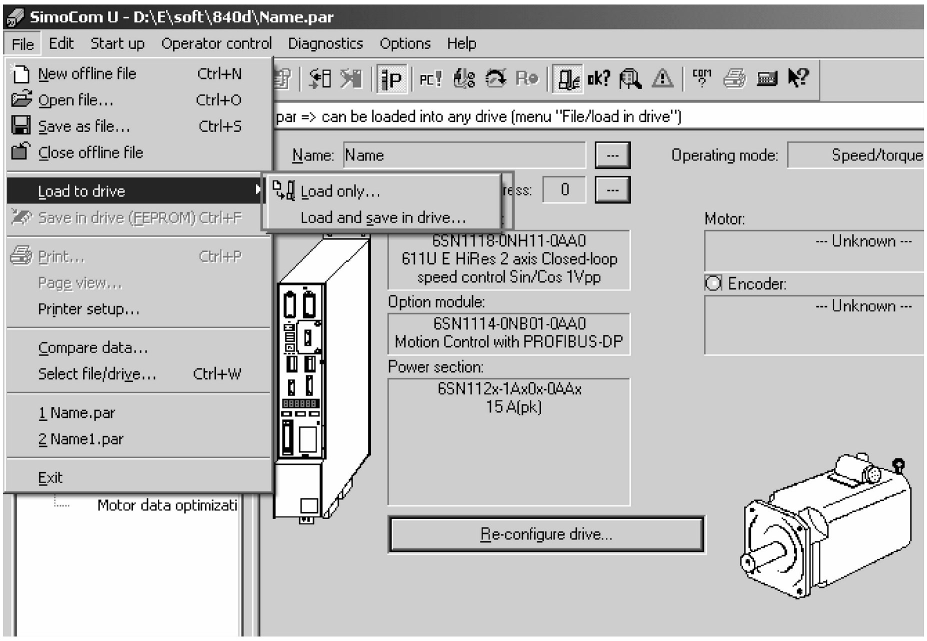


图 4-25 参数下载

3. SimoComU 软件的高级操作

对 611U 驱动器和电动机系统进行硬件设置后，还需要对机械部分等工艺进行实时调节和设置，这个过程被称为 SimoComU 软件的高级操作。

对机械部分的各个构成进行组态，特别是丝杠的导程，在实际调试中，由于伺服电动机的连轴节及原点的位置等原因，电动机的运行方向与实际的预想方向相反，为此在机械部分设定中，对设定点的位置值取反，以便改变电动机的旋转方向（见图 4-26）。

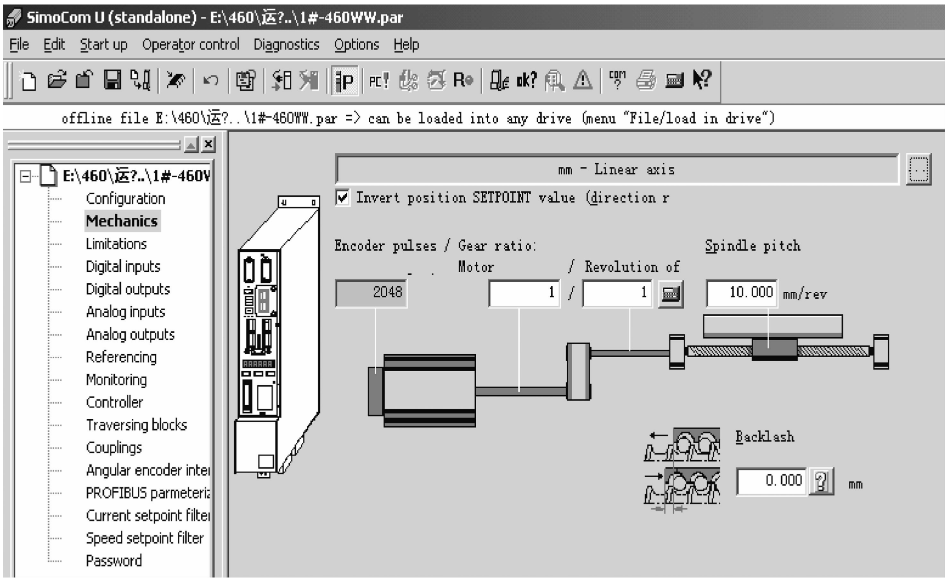


图 4-26 机械部分调试

首先对机械部分进行设置，为减少伺服电动机的报警及过载，要适当地设置其最大速度及加减速，由于伺服电动机的最大转速为3000r/min，故最大转速设定为3000，而加减速通过实际进行调整。比如在实际调试过程中，预先设置为1200，可以正常工作，考虑伺服电动机工作的稳定性及动作完成的时间，故设置为1000（见图4-27）。

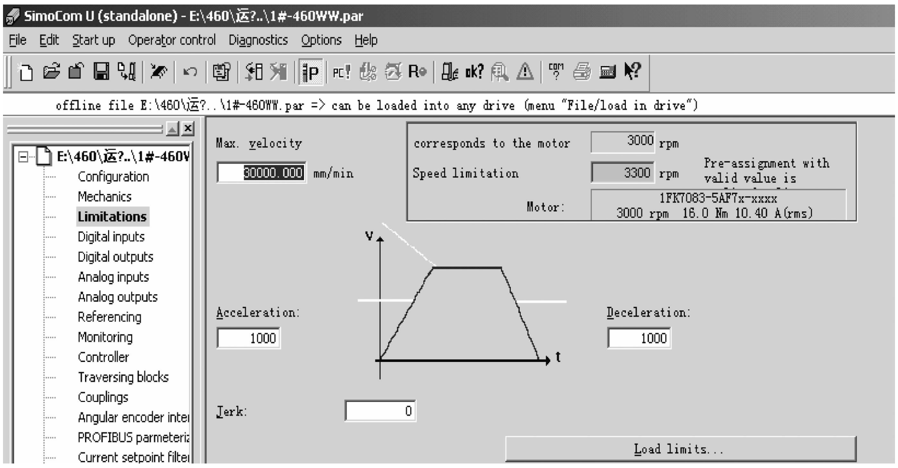


图4-27　修改速度和加减速值

接下来还需要定义611U伺服驱动模块的各个输入点的功能。如图4-28～图4-30所示，主要是设置了找原点、手动前进、手动后退、各个步进块等的输入功能和参考点到位、报警等的输出功能。

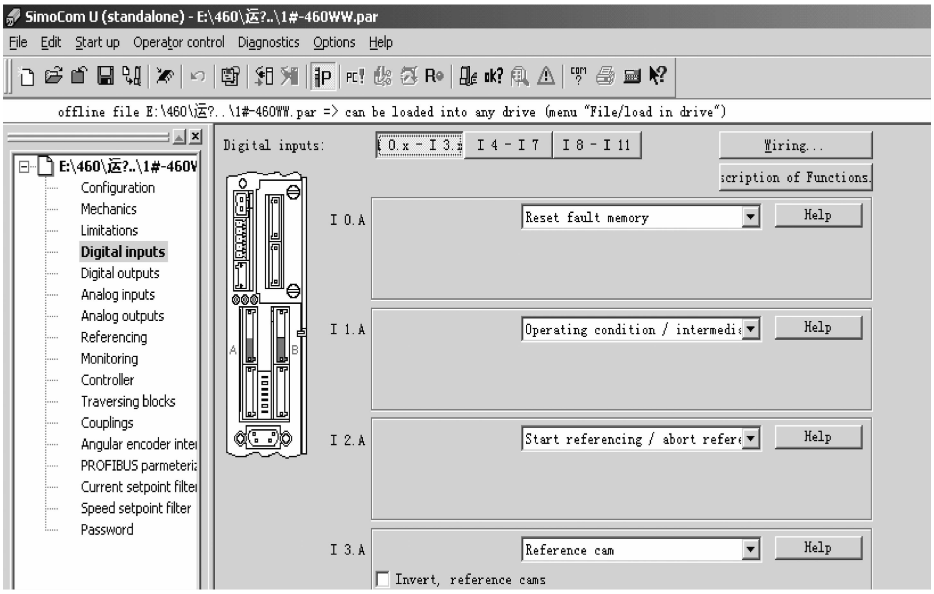


图4-28　输入部分定义一

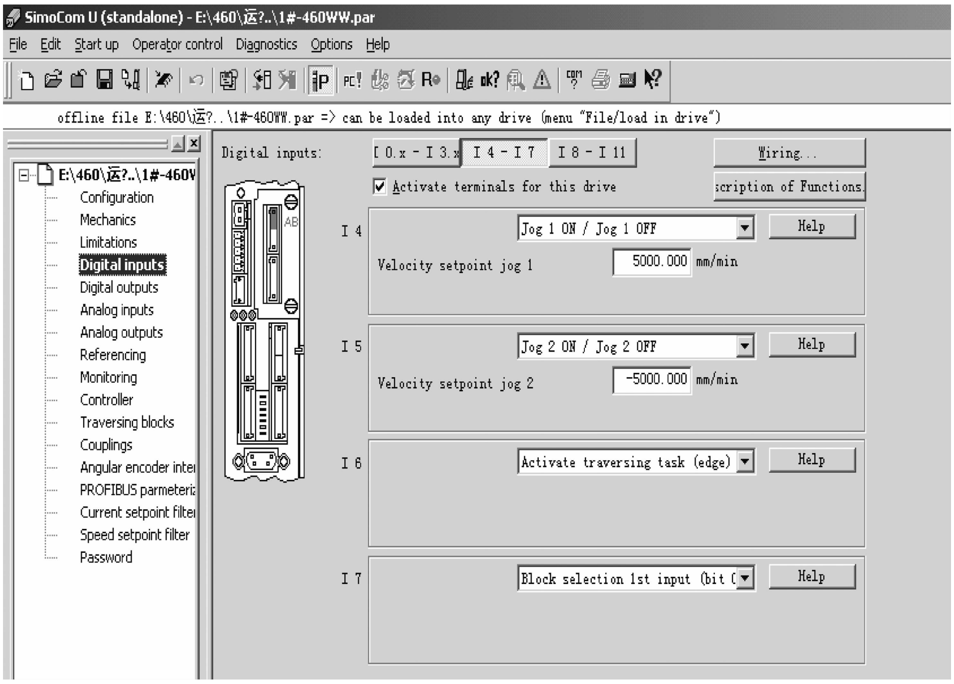


图 4-29 输入部分定义二

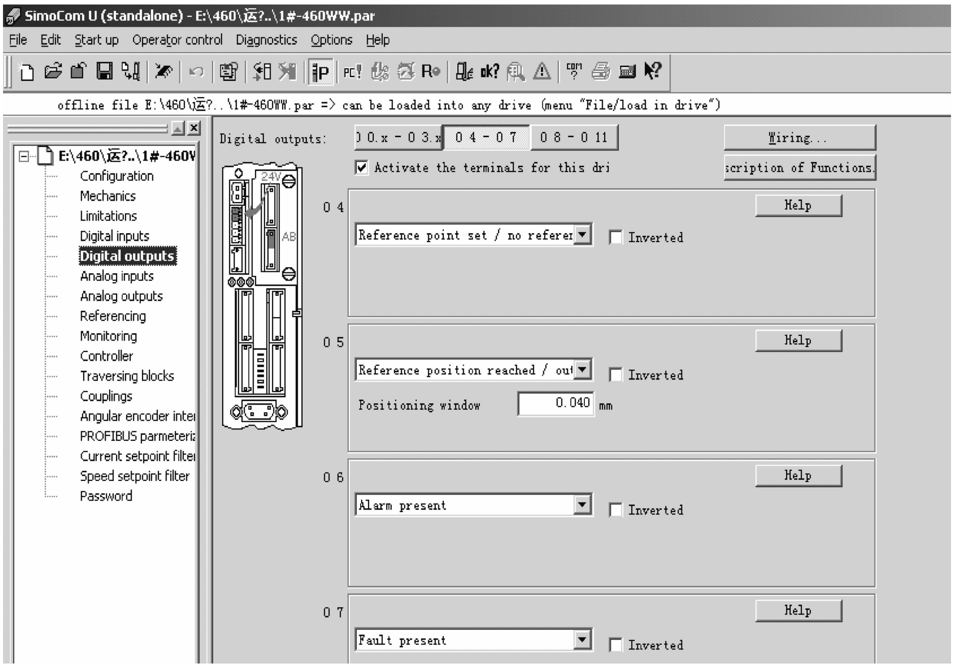


图 4-30 输出部分定义

最后要对传送块做定义，各个传送块横移时，伺服电动机根据程序设计，要求设计每步以何速度、以何方向运作，所需要走到的位置值。每个块前的块号对应程序中执行的步号传送块定义如图 4-31 所示。

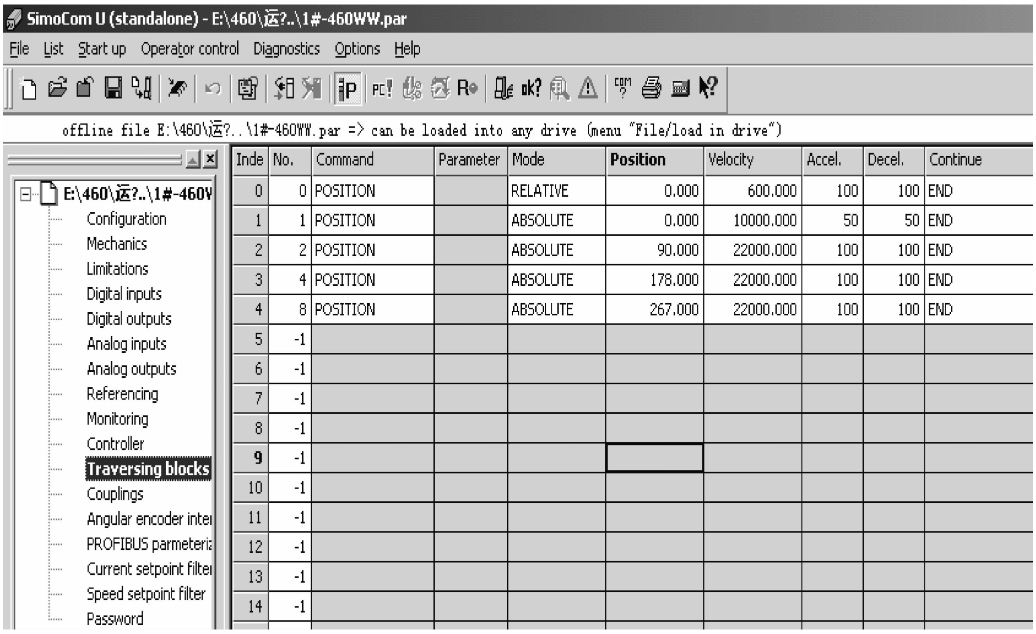


图 4-31　传送块定义

4.1.4　611D 和 611A 驱动器

1. 611D 驱动器

611D 控制模块与 CNC 数控系统主要是通过一根数据总线相连，基本没有太多的接口信号。

X431：轴脉冲使能，该信号为低电平时，该轴的电源撤销，一般这个信号直接与 24V 短接。

X432：BERO 端子，该接口用作 BERO 开关信号的输入口。

X34，X35 模拟输出口，其中有两个模拟口（X1，X2 ）用作模块诊断测试用，它可以用来跟踪一些数字量，比如转速、电压和电流等，并把它转换成 0 ~ 5V 的模拟电压输出，具体的输出信号可以通过数控系统选择，Ir 模拟输出口是固定输出电动机 R 相的电流的模拟值。

X411：电动机编码器接口，输入电动机的编码器信号，还有电动机的热敏电阻，其中电动机的热敏电阻值是通过该插座的 13 和 25 脚输入，该热敏电阻在常温下为 580Ω，155°C 时大于 1200Ω，这时控制板关断电动机电源并产生电动机过热报警（1PH7 电动机温度检测信号连接同 1FT6/1FK6 电动机）。

X411：直接测量系统输入口，输入直接位置测量信号，一般为正余弦电压信号。

611D 控制板的速度环和电流环的参数设置在 NCK 里面，故更换控制板后不需要重新设置参数。

2. 611A 驱动器

611A 控制模块与 1FT5 电动机构成伺服驱动机构，完成速度环和电流环的控制，其速度环和电流环的参数都保存在控制板上，故更换该板要注意参数的设置。

接口信号如下：

X311：电动机反馈接口，电动机的速度实际值和电动机的热敏电阻值都通过它输入到控制板里，1FT5 电动机的速度检测是通过一个测速发电机来实现的，而电动机转子的位置是通过 18 个霍尔元件来检测的。电动机内的热敏电阻值是通过该插座的 11 和 12 脚信号输入，在常温下小于 250Ω，当电动机内部温度达到 155°C 时电阻大约是 1000Ω，控制板这时关断电源，并发出报警信号。

X321：设定端子，速度的给定值通过该端子的 56 和 14 脚输入。一般来讲，给定值是 0 ~10V 的电压。

X331：使能端子，相应模块的使能信号输入，663 是脉冲使能，与电源模块的 63 脚作用差不多，只是它仅作用于单个的轴模块。65 脚是控制使能，常常把它和 NC 侧给定信号的控制使能相连。

X341：模块状态输出接口，输出模块的状态信息，如模块准备好信号、报警等。

4.2 S120 驱动器

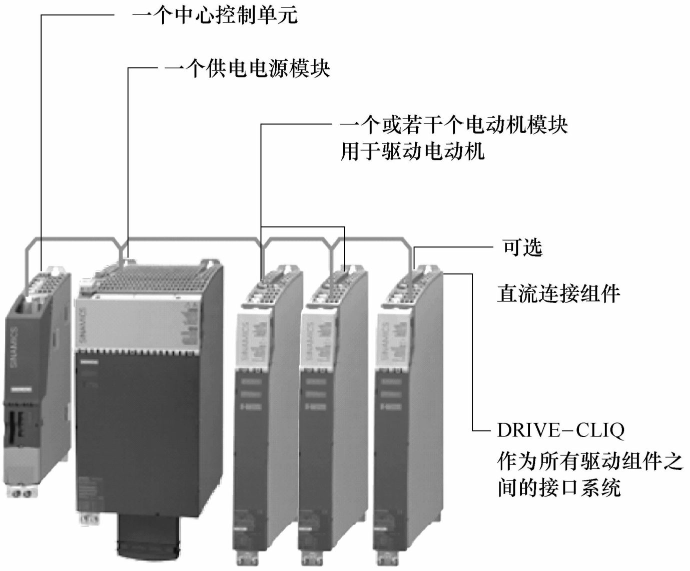
4.2.1 SINAMICS S120 概述

SINAMICS S120 驱动器集矢量控制与伺服控制于一身，分为 DC-AC 与 AC-AC 两种类型。所谓 DC-AC，是指控制单元、整流、逆变都为独立模块，目前 DC-AC 类型的功率范围为 0.9 ~1200kW；AC-AC 模块由控制单元和功率模块组成，功率范围为 0.12 ~250kW。

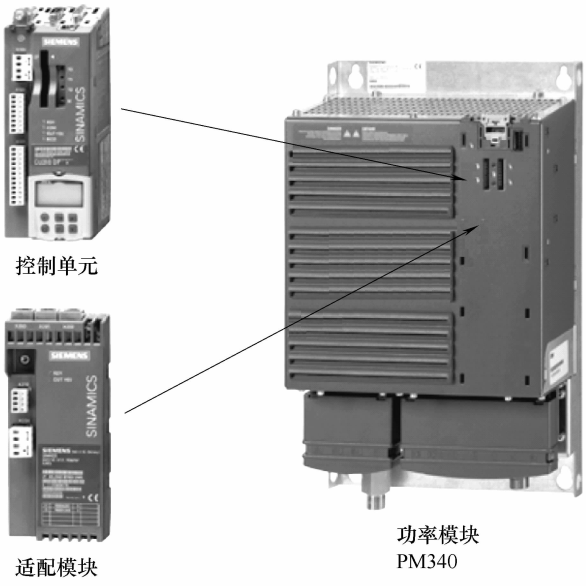
如图 4-32a 所示，在 DC-AC 类型的 S120 驱动器中，中心控制单元为 CU320 模块，控制单元的 Firmware 存储在其 CF 卡内，可以通过 CF 卡里的软件版本对整个 S120 进行 Firmware 升级。图 4-32b 所示为 AC-AC 书本型 S120 驱动，它包括控制单元、功率模块和适配模块等部分。

S120 驱动器的功能非常强大，如一个带扩展性能卡的 CU320 可以驱动 6 个伺服轴或者 4 个矢量轴，8 个 V/F 轴。但矢量与伺服不能混合，目前，西门子又推出了性能更高的控制单元 CU320-2，分为 DP 和 PN 两种类型，其运算能力更强，可以带 6 个伺服轴或者 6 个矢量轴，12 个 V/F 轴。

根据功率的大小，S120 DC-AC 型分为书本型、紧凑书本型、装机装柜型、柜机四种形式，书本型的接线相对比较简单，控制单元除了 24V 供电，靠 CF 内的 Firmware 就可以正常运行，整流模块除了母排上的直流 24V 供电，还要连接 X120 端子上的使能信号（3 +，4 -），如图 4-33 所示。电动机模块上的使能信号在不启用 Safety 功能时无需连接。对于小功率的 SLM 整流模块，不需要控制，因此模块上也没有 DRIVE-CLIQ 接口，而对于 16kW 以上的 SLM、BLM、ALM 都需要通过 DRIVE-CLIQ 对其进行控制，才能启动。



a) 书本型 DC−AC S120 驱动



b) 书本型 AC−AC S120 驱动

图 4-32 S120 驱动器类型

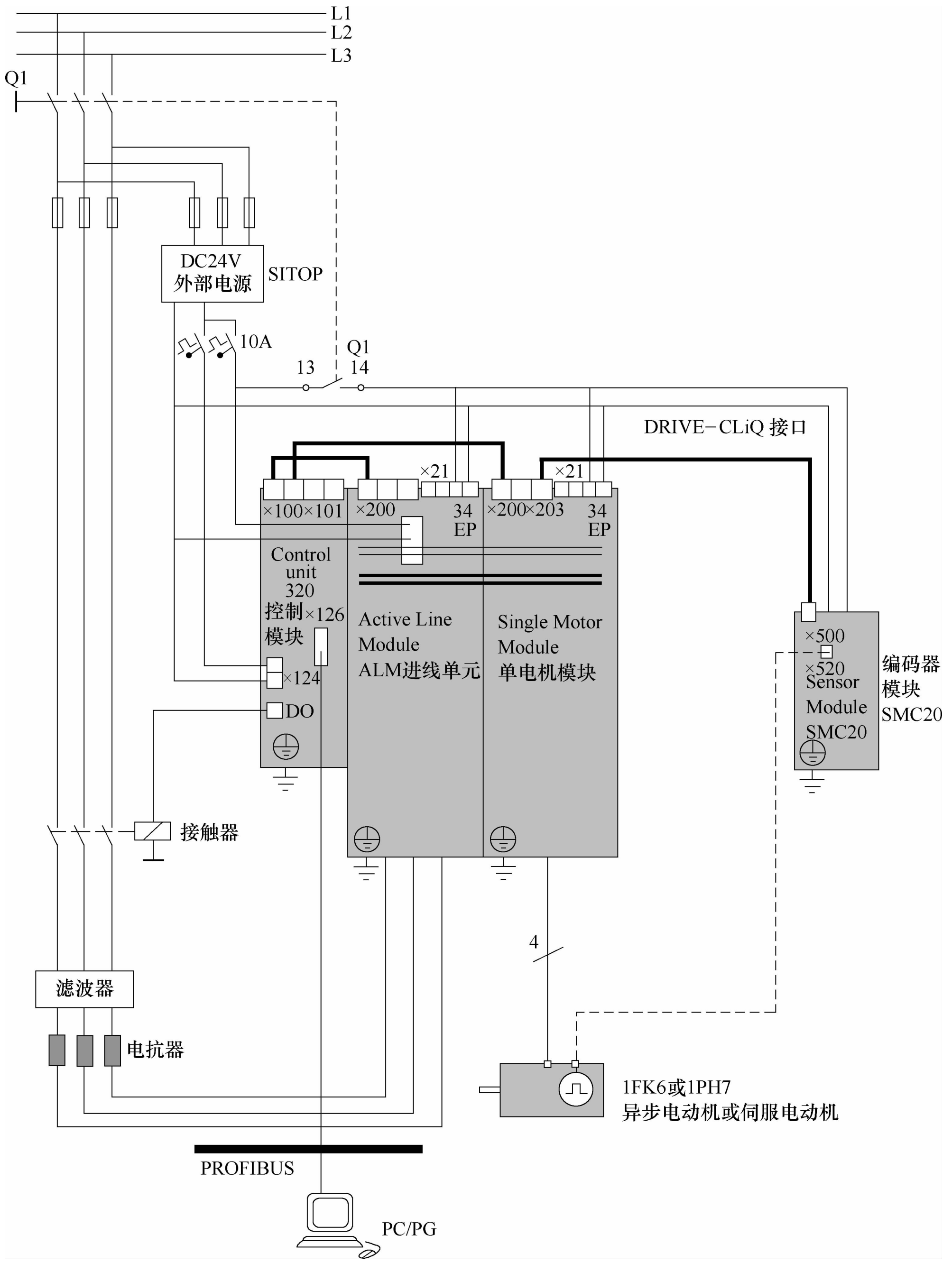


图 4-33 S120 接线示意

4.2.2 调试软件介绍

SINAMICS S120 的调试软件为 Starter 或者是 Scout，其中，Scout 软件中包含 Starter 软件，两者不能同时安装。Scout 软件需要授权，而 Starter 软件不需要授权。目前，Scout 软件的最新版本为 V4.1.5，Starter 软件的最新版本为 V4.1.5。

在安装 Starter 与 Scout 之前，需要安装 STEP7 软件的最新版本，例如 Starter V4.1.5 需要

STEP7 V5.4 SP4。另外，如果想使用 S120 的 DCC 功能，还要安装 CFC 的最新软件及授权。

1. 驱动参数配置

笔记本与 S120 的连接有两种方式，DP 通信卡或者是 RS232 的连接。常用的 DP 通信卡有 CP5512、CP5511、CP5613 等，RS232 则需要计算机配有 232 接口，采用标准的 RS232 电缆即可。

打开 Scout 软件后，新建一个项目，开始对驱动参数进行配置，如图 4-34 所示。

1）插入驱动单元。

2）选择驱动类型 CU320。

3）选择装置的版本号，注意此版本号要与 CF 卡的版本相一致，CF 卡的版本如图 4-35 所示。

4）选择 PC 与驱动的通信方式，如果有以太网接口 CBE20，可以设置为 IP。

5）设置驱动 DP 地址，此地址应该与 CU320 上的拨码开关相一致，如图 4-36 所示。

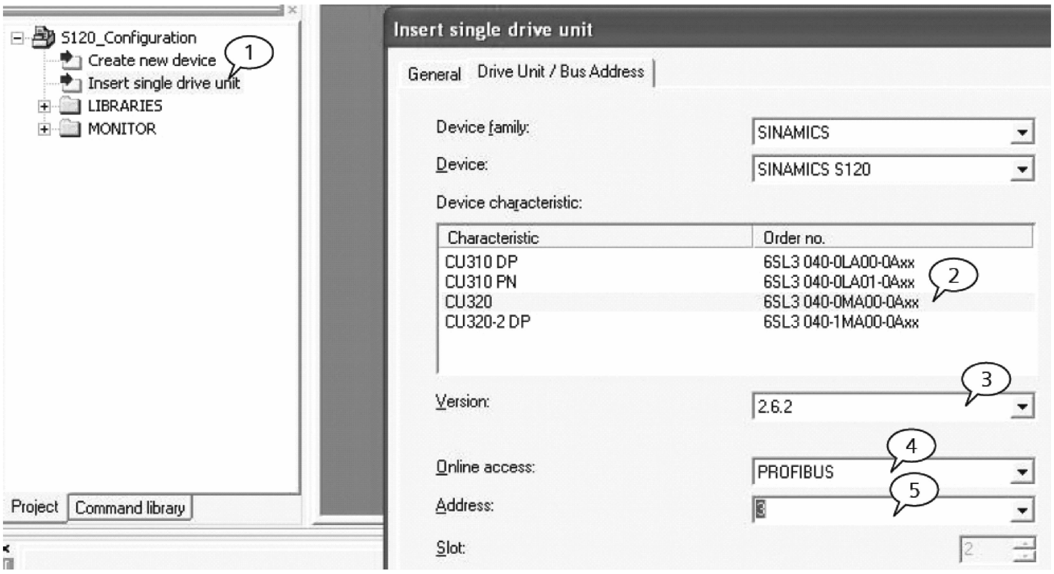


图 4-34　驱动参数配置

图 4-35　CF 卡的版本

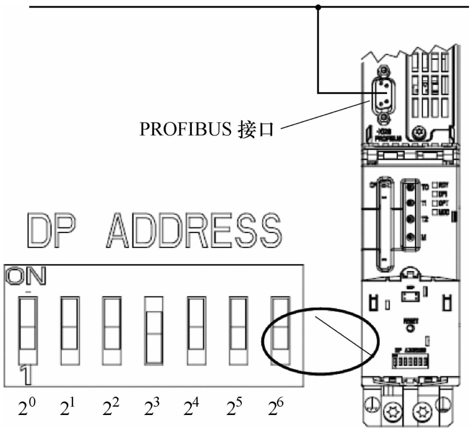


图 4-36　设置驱动 DP 地址

另外，还可以通过另外一种方式自动读取驱动装置，如图4-37所示。

1）在Option选项中将“Set PG/PC interface”设定为相应的通信方式，如“S7ONLINE (Step 7)→CP5512 (PROFIBUS)”。

2）通过“Accessible nodes”来在线读取相连接的设备。

3）如果CF卡的信息能被CU320识别，可以在方框栏中看到装置信息。

4）勾选此装置，点击“Accept”接受。

5）接受后左边会显示读取到的装置。

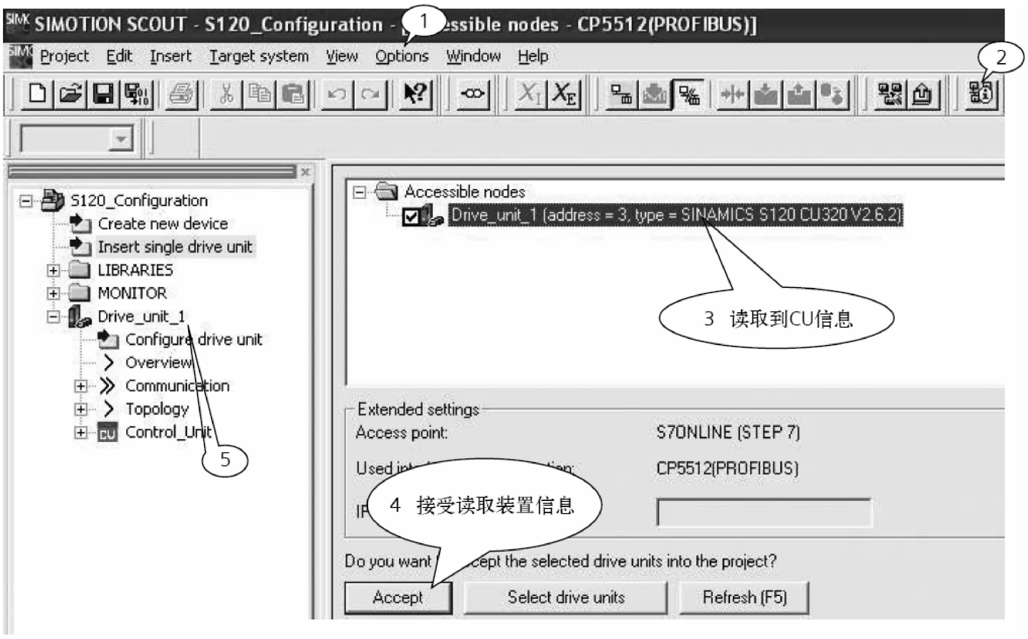


图4-37 自动读取驱动装置

2. 对驱动进行在线组态

在正确插入驱动装置后，应该进行相应的在线项目组态，如图4-38所示。

1）选中Drive _ unit _ 01，点击“在线”，在线后装置前端的符号变成绿色。

2）同样选中Drive _ unit _ 01，点击“恢复工厂设定”。

3）双击“Automatic Configuration”，系统会自动弹出自动组态界面。

4）点击“Start automatic configuration”进行自动组态。

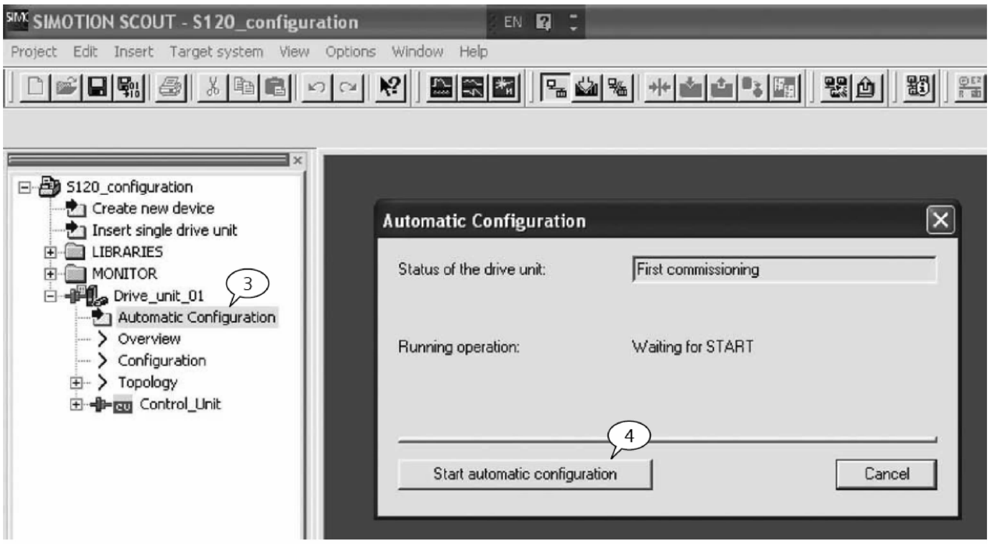
5）根据自动组态的提示，选择“Servo”或者是“Vector”，如图4-39所示。

自动组态通常花1min左右时间，如果在组态过程中要进行Firmware升级，则需要更长时间，并且在升级完毕之后系统要求重新上电。

3. 电动机数据与编码器数据设置与读取

集成DRIVE-CLIQ接口的电动机，可以通过自动组态的方式将电动机与编码器的数据读出，如图4-40所示。

a) 在线项目一



b) 在线项目二

图 4-38　在线项目组态

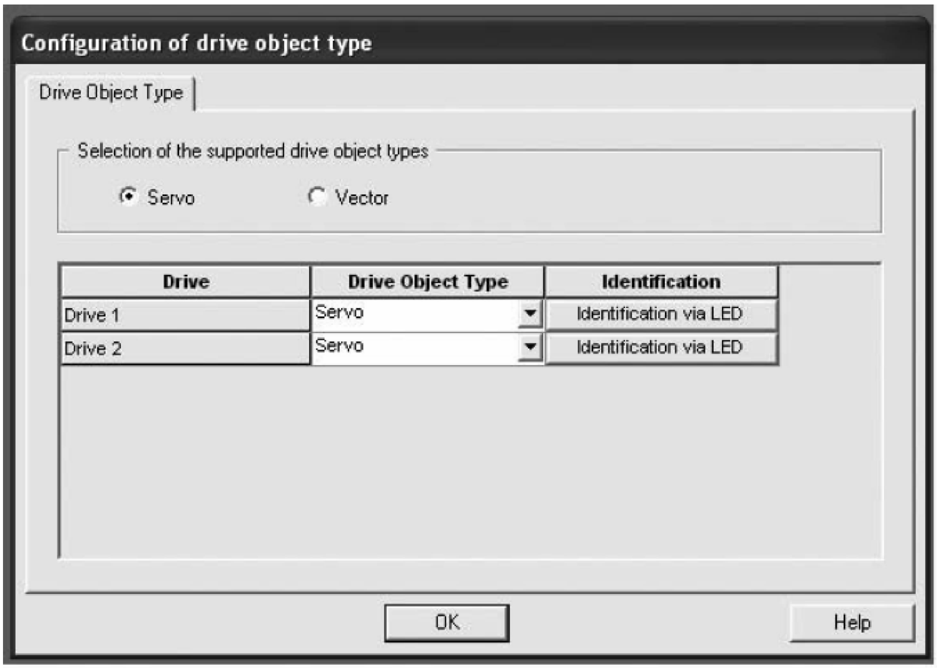


图 4-39　选择驱动类型

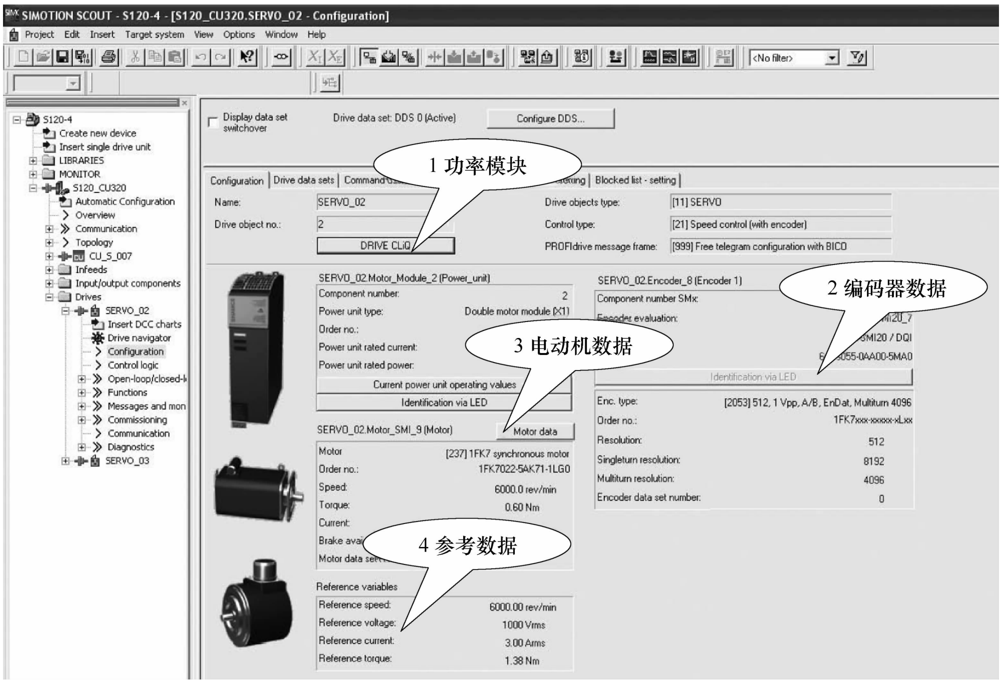


图 4-40　通过自动组态的方式将电动机与编码器的数据读出

对于不集成 DRIVE-CLIQ 接口的电动机，电动机数据与编码器数据都为空，因此必须手动设定（见图 4-41）。

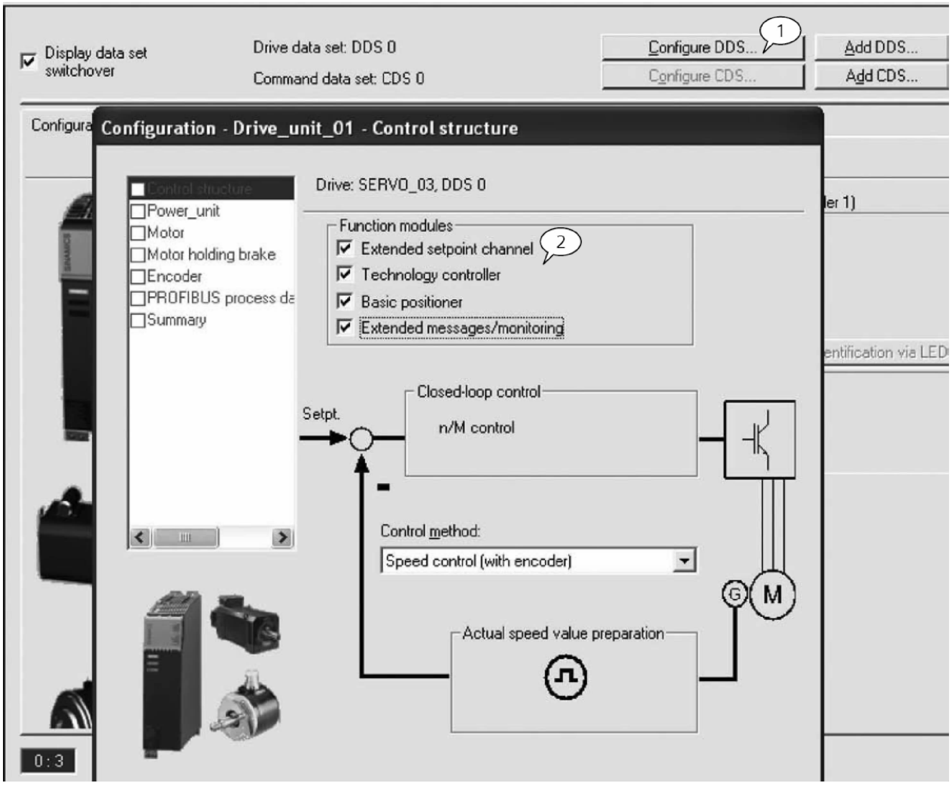


图 4-41　手动设置参数

步骤如下：

1）开始离线组态 Servo _03。

2）选择需要的功能模块。

①Extended setpoint channel：扩展设定通道，包括多段速度设定、电动电位计、斜坡函数发生器、速度限制等。

②Technology controller：工艺控制器，即 PID 控制器，常用于压力、张力、温度等物理量的控制。

③Basic positioner：基本定位，包括回零点、位置点动、软硬限位、64 个位置块、MDI 等功能。

④Extended messages/monitoring：扩展信息监控，包括电动机转速、负载扭矩以及电动机温度等物理量监控。

注意：系统在默认的情况下 4 种扩展功能都不激活，在不使用的情况下激活会占系统资源。

3）设定控制方式。

在离线配置过程中，对于西门子电动机或者编码器，可以从列表中选择相应的电动机与编码器型号，而第三方电动机与编码器，必须正确填写电动机与编码器数据，如图 4-42 所示。

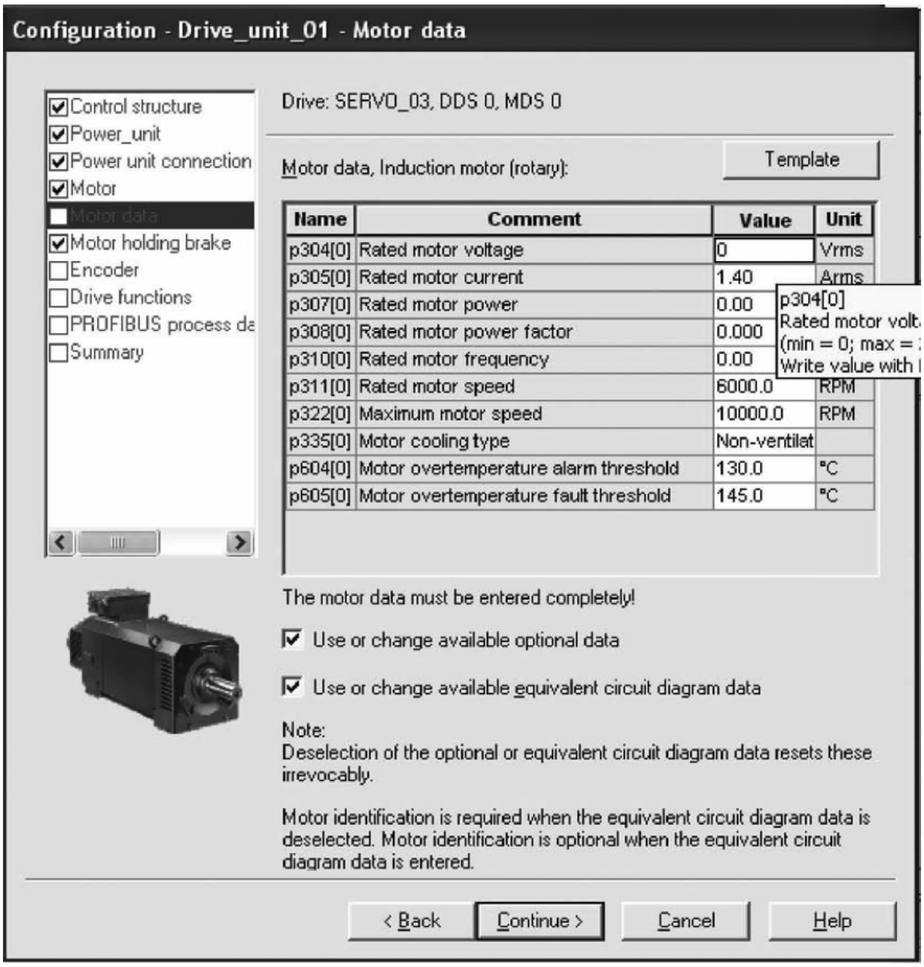


图 4-42　电动机数据

需要注意的是，在对第三方电动机数据的设置过程中，电动机的主要基本数据必须正确填写，至于电动机辅助数据与等效电路数据，在知道的前提下尽量如实填写，在不清楚的情况下可以通过电动机数据计算与静态测量的方式确定。

配置完电动机数据后，配置编码器的数据，对与西门子电动机配套的编码器，可以通过电动机的订货号来确定其集成的编码器型号，如果采用外配编码器，则需要对编码器的数据进行设定，如图 4-43 所示。这些数据包括：①选择旋转编码器或者光栅尺；②选择编码器的类型；③编码器供电电压；④编码器连接方式；⑤编码器脉冲数或者编码方式；⑥增量编码器类型；⑦零脉冲个数；⑧同步电动机磁极位置识别；⑨精同步选择。

4. 通过软件的控制面板来控制电动机

离线配置完成后，编译保存。在线后发现 Drive _ unit _01 前面的符号半红半绿，表示离线项目与在线实际项目不符，需要将离线项目下装到装置中，如图 4-44 所示。其步骤包括：在线→驱动状态→下装→同时复制到 ROM 区。

通过以上操作完成了对驱动的基本配置，可以通过驱动中的控制面板转动电动机，以保证电动机与编码器的转向与实际设计相一致，如图 4-45 所示。

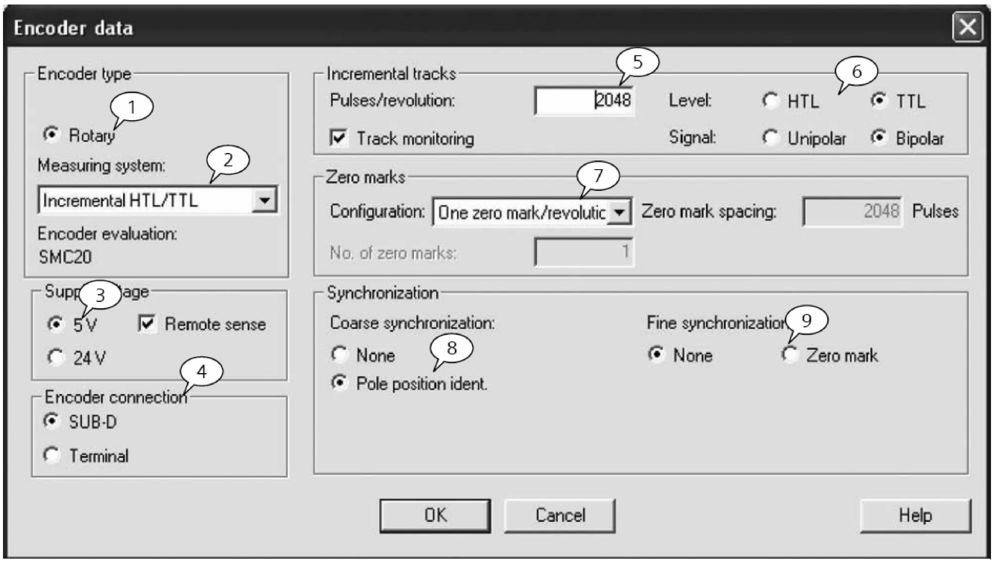


图 4-43　编码器数据设定

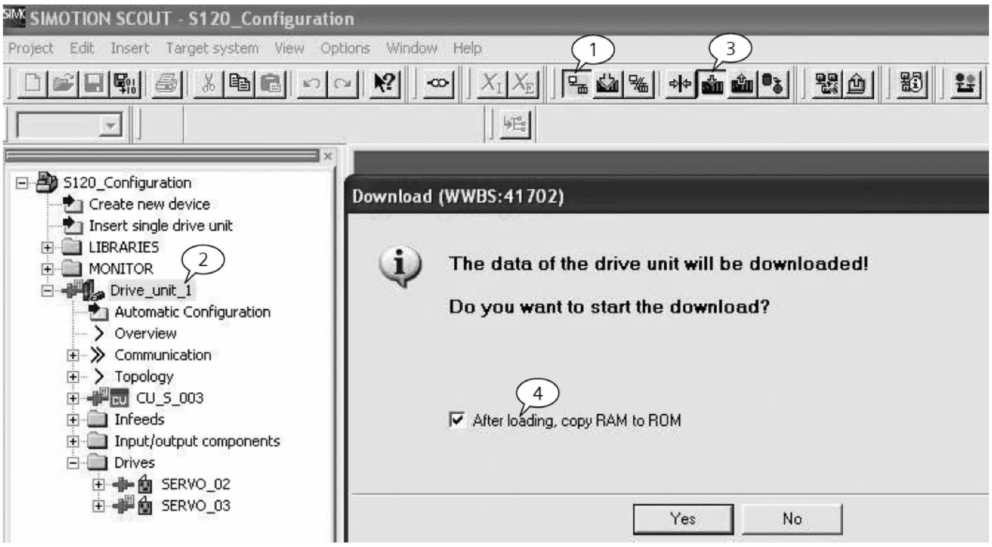


图 4-44　将离线项目下装到装置

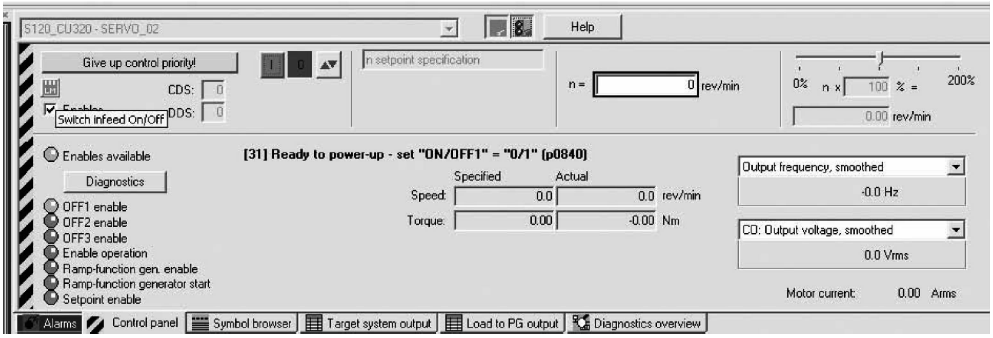


图 4-45　通过软件的操作面板来控制电动机

注意，如果采用 ALM、BLM 或者是 16kW 以上（包含 16kW）的 SLM 模块，在使能驱动之前，要先激活整流单元 infeed 模块。

4.2.3 通过 PLC802 的编程合理解决 S120 故障

某配置 802D sl 和 S120 驱动器的数控机床在没有拍急停的状态时上电，系统启动完成后，加上所有使能，各轴均不能动作，无报警。在有动作命令时，界面显示“Drive no enable”，同时电抗器没有鸣叫声。直流母线电压为 550V 左右。此时拍下急停，然后松开急停再复位，加所有使能，机床恢复正常，电抗器有鸣叫。这种情况尤其是在具有比较大的功率驱动的机床上容易出现。

S120 驱动器因为功率大小不同，通信建立的时间也有所不同。当 S120 组件之间通信没有建立完成时，驱动器使能（x21.3 of ALM）就绪，就会出现这种问题。

在驱动通信没有完成时不加驱动器使能（x21.3 of ALM）。解决方法如图 4-46 所示，可以在 PLC802 中将 V27000002.5（驱动循环运行）串联到急停回路中，当驱动未循环运行时，急停生效。

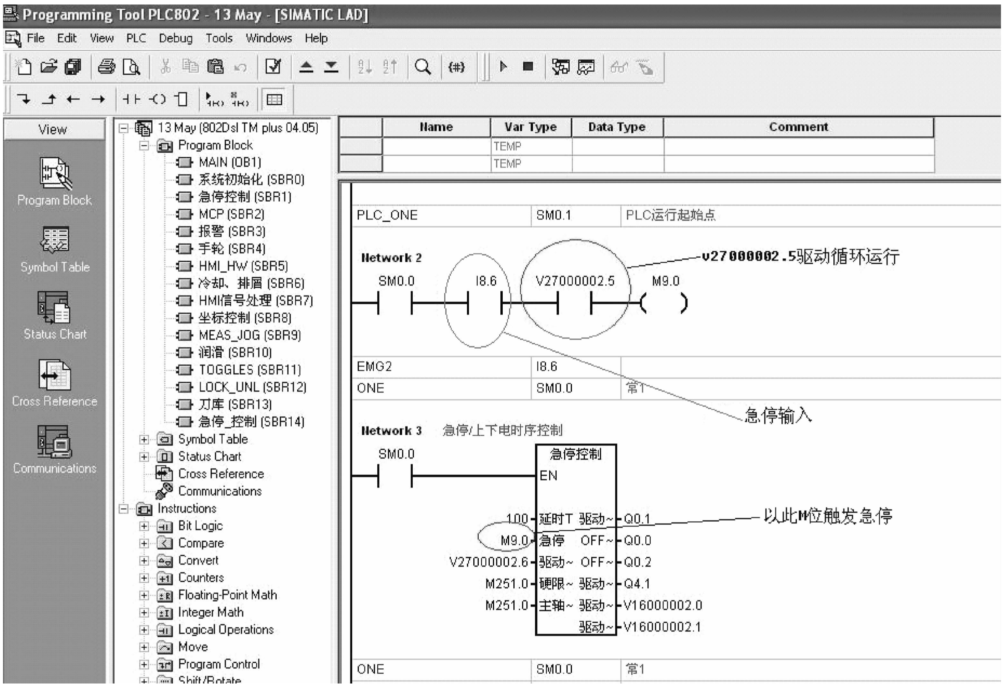


图 4-46 解决方法

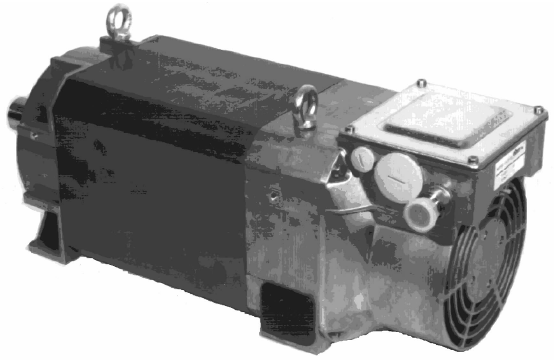
4.3 西门子电动机的选用

4.3.1 西门子 1PH7 交流异步主轴电动机

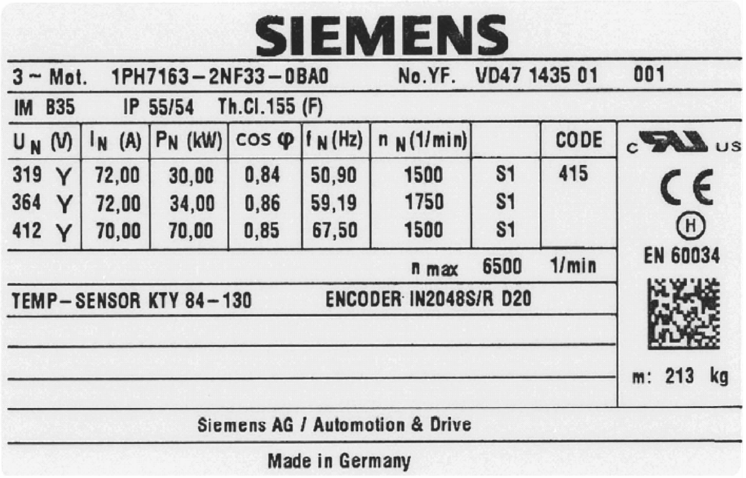
1. 选型

图 4-47a 所示的 1PH7 交流主轴电动机是紧凑、强制风冷型笼型异步电动机，保护等级

为 IP55。该电动机是通过一个独立安装的风扇单元进行散热。1PH7 电动机为连接驱动器采用了特殊的设计。根据控制要求，可以选择合适的编码器，用于检测电动机的速度和位置。图 4-47b 所示为 1PH7 电动机的铭牌。



a) 1PH7 交流电动机外观



b) 1PH7 电动机铭牌

图 4-47 1PH7 电动机

1PH7 交流主轴电动机既可以选择 611D 驱动器，也可以选择 S120 驱动器，但是其选配的驱动器规格需要按照表 4-1 进行选择（未全部列出所有功率），1PH7 的选型标记具体说明见表 4-2。

表 4-1 1PH7 和对应的驱动器选择

1PH7 主轴电动机规格表						对应驱动器规格			
1PH7 常用规格	额定转速	最高转速	额定功率	额定扭矩	额定电流	额定电流	SIMODRIVE 611D	额定电流	SINAMICS S120
Order No.	n_N rpm	n_{max} rpm	P_{rated} S1 kW	M_{rated} Nm	I_{rated} S1 A	I_N A	产品编号 6SN1123-1AAOO-···	I_N A	产品编号 6SL3121-····-···
1PH7101-□NF. . -OL . .	1500	12000	3.7	23.6	10	24	-0CA1	18	-◆TE21-8AA0
1PH7103-□■G02-0●□▲	2000	9000	7	33.4	17.5	24	-0CA1	18	-◆TE21-8AA0

（续）

1PH7 主轴电动机规格表						对应驱动器规格			
1PH7 常用规格	额定转速	最高转速	额定功率	额定扭矩	额定电流	额定电流	SIMODRIVE 611D	额定电流	SINAMICS S120
Order No.	n_N rpm	n_{max} rpm	P_{rated} S1 kW	M_{rated} Nm	I_{rated} S1 A	I_N A	产品编号 6SN1123-1AAOO-···	I_N A	产品编号 6SL3121-····-···
1PH7103-□■G02-0L . .	2000	12000	7	33.4	17.5	24	-0CA1	18	-◆TE21-8AA0
1PH7103-□■F02-0L . .	1500	12000	5.5	35	13	24	-0CA1	18	-◆TE21-8AA0
1PH7107-□■F02-0●◘▲	1500	9000	9	57.3	23.5	24	-0CA1	30	-◆TE23-0AA0
1PH7107-□■F02-0L . .	1500	12000	9	57.3	23.5	24	-0CA1	30	-◆TE23-0AA0
1PH7131-□NF. . -0L . .	1500	10000	11	70	24	24	-0CA1	30	-◆TE23-0AA0
1PH7133-□■D02-0●◘▲	1000	8000	12	114.6	30	30	-0DA1	30	-◆TE23-0AA0
1PH7133-□ND02-0L . .	1000	10000	12	114.6	30	30	-0DA1	30	-◆TE23-0AA0
1PH7133-□■G02-0●◘▲	2000	8000	20	95.5	45	45	-0LA1	45	-◆TE24-5AA0

表 4-2　1PH7 的选型标记

□风扇，动力线接法	■信号界面	●平衡等级	◘心轴前端，出风方向，平衡	▲保护等级（IP55，风扇 IP54）	◆驱动轴数
2　分离式风扇，接线盒内动力线端子台 7　分离式风扇，盒外标准动力接头	N　增量式编码器，非 Drive-CIIQ Q　增量式编码器，Drive-CIIQ	B　整体 R 级平衡，轴与 Flange 精度 R 级 C　整体 S 级平衡，轴与 Falnge 精度 R 级 D　整体 SR 级平衡，轴与 Flange 精度 R 级 L　整体 SR 级平衡，轴与 Flange 精度 R 级，整体转速提高	A　有键槽心轴（含键），向后出风，半键平衡 C　有键槽心轴（含键），向后出风，全键平衡 J　无键槽直心轴，向后出风	0　无油封设计，无涂漆 2　有油封，无涂漆 3　无油封设计，涂漆 5　有油封，涂漆 6　无油封设计，两层涂漆 8　有油封设计，两层涂漆	0　单轴型 1　双轴型

2. 接线

图 4-48 所示为 1PH7 的主电路接线方法。

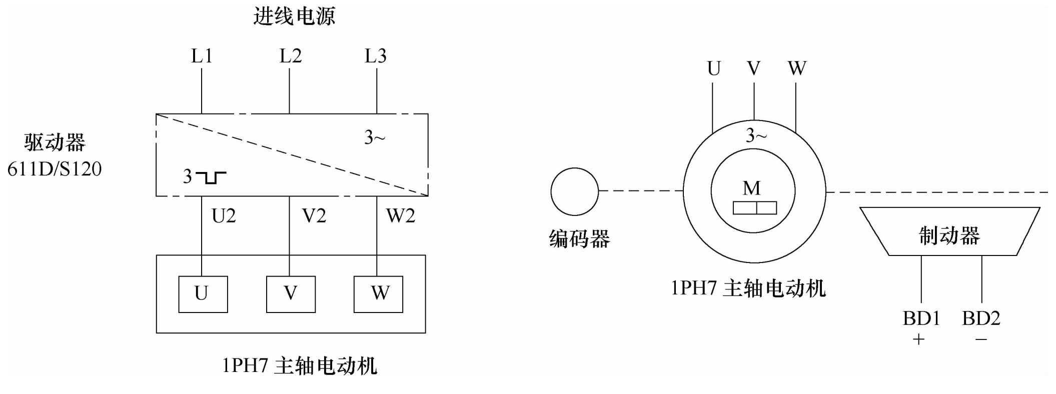


图 4-48　1PH7 的主电路接线方法

设计用于 SINAMICS S120 驱动器的 1PH7 电动机配备了一个内部编码器模块，该模块包含一个编码器、一个温度分析系统，以及一个电子铭牌。该编码器模块安装在信号接口上，并具有一个 10 针的 RJ45plus 插座，即 DRIVE-CLiQ 接口（见图 4-49）。

图 4-50 所示为带 DRIVE-CLiQ 的 1PH7 电动机外观。电动机和驱动器之间的信号连接则由 MOTION-CONNECT DRIVE-CLiQ 电缆实现，其中 2 芯为 24V 电源，4 芯为 DRIVE-CLiQ 信号；功率电缆连接需要参照功率进行选择（见图 4-51）。

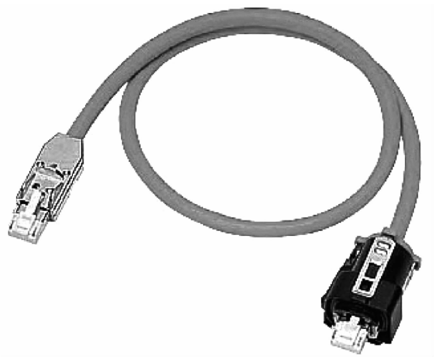


图 4-49　DRIVE-CLiQ RJ45plus 接口

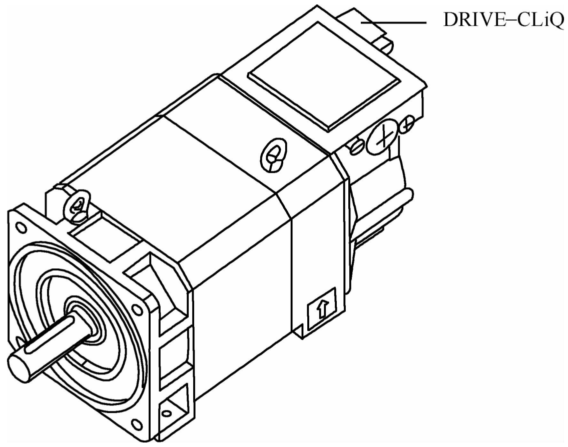


图 4-50　带 DRIVE-CLiQ 的 1PH7 电动机外观

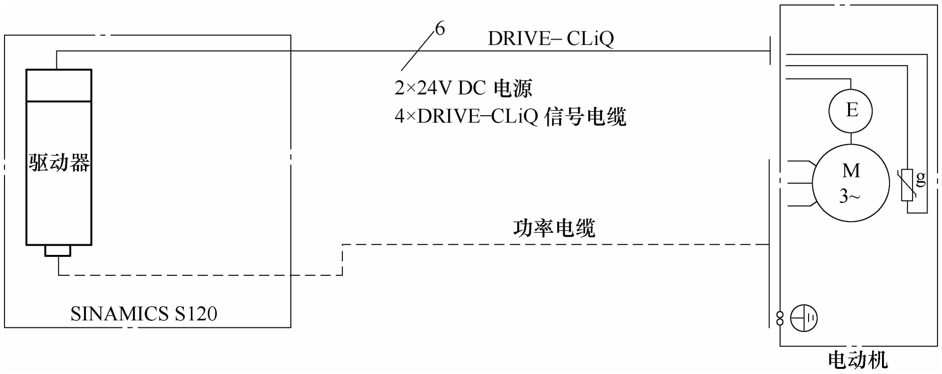


图 4-51　驱动器与电动机的连接

不带 DRIVE-CLiQ 接口的电动机通过一个信号插头连接转速编码器和传感器，如与 SINAMICS S120 连接，还需要一个柜式安装的编码器模块。如图 4-52 所示，电动机通过信号电缆和柜式安装的编码器模块相连，柜式安装的编码器模块则通过 MOTION-CONNECT

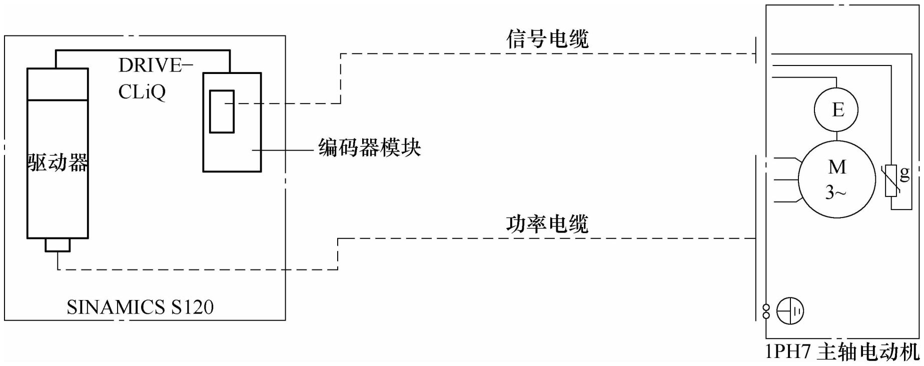


图 4-52　不带 DRIVE-CLiQ 的编码器连接

DRIVE-CLiQ 电缆和电动机模块相连。

4.3.2 西门子 1FT6 永磁同步伺服电动机

图 4-53 所示的 1FT6 电动机是一种结构紧凑的永磁同步电动机。配备安装有编码器的 1FT6 电动机可以与 611、S120 等驱动器配合运行，能满足对动态、转速调节范围、径向跳动精度和定位精度的最高要求，主要适用于进给传动控制。1FT6 电动机主要用于不带外部通风的运行方式，通过表面导出产生的损耗热量。基本上仅在定子绕组和定子铁心中产生的损耗热量可以通过与电动机壳体的良好热耦合直接导出。同时无电刷的永磁同步电动机设计显示了 1FT6 独特的优点。

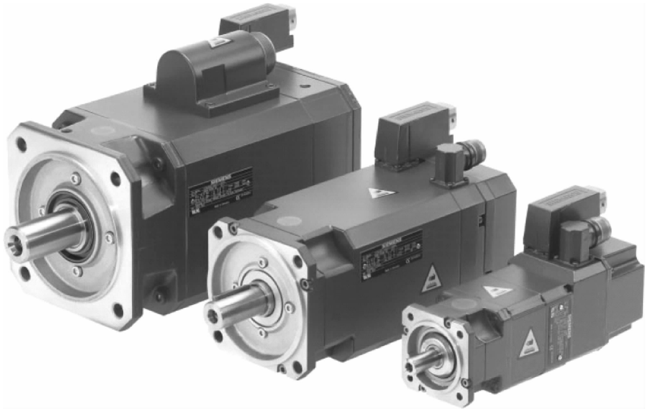


图 4-53 1FT6 永磁同步伺服电动机

1FT6 永磁伺服电动机在与 S120 驱动器连接时，可以采取 DRIVE-CLiQ 或者非 DRIVE-CLiQ 两种方式连接，其连接方式与 1PH7 相同。

4.3.3 西门子 1FK7 同步伺服电动机

图 4-54 所示的 1FK7 电动机是永磁式同步电动机，分为“紧凑型”、“高动态型” 和“高惯性型” 等。这些自冷却式电动机的特点是具有优异的过载能力，结构坚固而紧凑。

图 4-54 1FK7 电动机

它们通过可旋转的连接器与预组装电缆进行连接，可灵活、快速和安全地与驱动器相连。表4-3所示为1FK7系列电动机的技术参数。

表4-3　1FK7系列电动机的技术参数

1FK7	静态转矩/N·m	额定转速/(r/min)	额定功率/kW
紧凑型	0.18～48	2000～6000	0.05～8.17
高动态型	1.3～28	3000～6000	0.57～3.77
高惯性型	3～20	2000～6000	0.9～3.1

第5讲 数控测量装置

【导读】

不同种类的数控机床对传感器的要求也不尽相同，一般来说，大型机床要求速度响应高，中型和高精度数控机床以要求精度为主。位移检测的传感器主要有脉冲编码器、光栅传感器等。其中以编码器使用最广泛，它是一种角位移（转速）传感器，它能够把机械转角变成电脉冲。光栅尺位移传感器（即光栅尺），则是利用光栅的光学原理工作的测量反馈装置，经常应用于机床与现在加工中心以及测量仪器等方面，可用作直线位移或者角位移的检测。本讲主要介绍了编码器、光栅传感器和伺服电动机编码器的拆装要点。

5.1 编码器

5.1.1 绝对式编码器

编码器又称码盘，是一种旋转式位置或速度传感器，它的转轴通常与被测轴连接，随被测轴一起转动。图 5-1 所示为安装在电动机轴末端的编码器。

编码器能将被测轴的角位移转换成二进制编码或一串脉冲。它有两种基本类型：绝对式编码器和增量式编码器。

绝对式编码器是按照角度直接进行编码的传感器，可直接把被测转角用数字代码表示出来。根据内部结构和检测方式有接触式、光电式等形式。

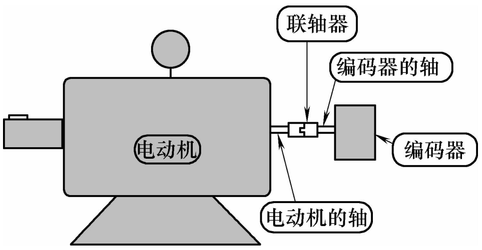


图 5-1　安装在电动机轴末端的编码器

1. 接触式编码器

图 5-2 所示为一个 4 位二进制接触式码盘。它在一个不导电基体上做成许多有规律的导电金属区，其中阴影部分为导电区，用“1”表示，其他部分为绝缘区，用“0”表示。码盘分成 4 个码道，在每个码道上都有一个电刷，电刷经取样电阻接地，信号从电阻上取出。这样，无论码盘处在哪个角度上，该角度均有 4 个码道上的“1”和“0”组成 4 位二进制编码与之对应。码盘最里面的一圈轨道是公用的，它和各码道所有导电部分连在一起，经限流电阻接激励电源 E 的正极。

由于码盘是与被测转轴连在一起的，而电刷位置是固定的，当码盘随被测轴一起转动时，电刷和码盘的位置就发生相对变化。若电刷接触到导电区域，则该回路中的取样电阻上

有电流流过，产生压降，输出为“1”；反之，若电刷接触的是绝缘区域，则不能形成回路，取样电阻上无电流流过，输出为“0”，由此可根据电刷的位置得到由“1”、“0”组成的4位二进制码。例如，在图5-2b中可以看到，此时的输出为0101。

从以上分析可知，码道的圈数（不包括最里面的公用码道）就是二进制的位数，且高位在内，低位在外。由此可以推断出，若是n位二进制码盘，就有n圈码道，且圆周均分2^n个数据来分别表示其不同位置，所能分辨的角度α为

$$\alpha = 360°/2^n;\ 分辨率 = 1/2^n \tag{5-1}$$

从式（5-1）可以看出：位数n越大，所能分辨的角度α就越小，测量精度就越高。所以，若要提高分辨力，就必须增加码道数，即二进制位数。

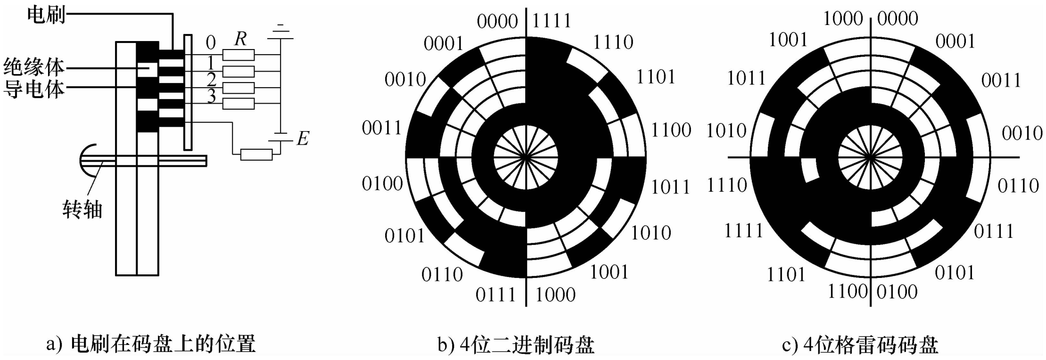


图5-2 接触式码盘

例如，某12码道的绝对式脉冲编码器，其每圈的位置数为$2^{12}=4096$，分辨角度为$\alpha=360°/2^{12}=5.27'$；若为13码道，则每转位置数为$2^{13}=8192$，分辨角度为$\alpha=360°/2^{13}=2.67'$。

另外，在实际应用中，对码盘制作和电刷安装要求十分严格，否则就会产生非单值性误差。例如，当电刷由位置（0111）向位置（1000）过渡时，若电刷安装位置不准或接触不良，可能会出现8～15之间的任意十进制数。为了消除这种非单值性误差，可采用二进制循环码盘（格雷码盘）。

图5-2c为一个4位格雷码盘，与图5-2b所示的BCD码盘相比，不同之处在于，码盘旋转时，任何两个相邻数码间只有一位是变化的，所以每次只切换一位数，可把误差控制在最小单位内。

2. 绝对式光电编码器

绝对式光电编码器与接触式编码器结构相似，只是其中的黑白区域不表示导电区和绝缘区，而是表示透光或不透光区。其中，黑的区域为不透光区，用“0”表示；白的区域为透光区，用“1”表示。这样，在任意角度都有对应的二进制编码。与接触式编码盘不同的是，不必在最里面一圈设置公用码道，同时取代电刷的，是在每一码道上都有

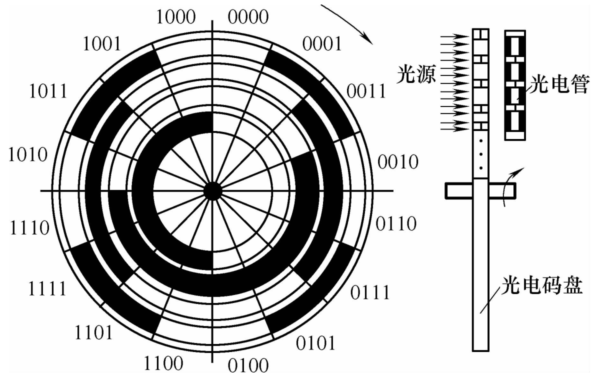


图5-3 绝对式光电码盘

一组光电元件，如图 5-3 所示。

由于径向各码道的透光和不透光，使各光敏元件中，受光的输出“1”电平，不受光的输出“0”电平，由此而组成 n 位二进制编码。光电码盘的特点是没有接触磨损，码盘寿命长，允许转速高，精度也较高。就码盘材料而言，不锈钢薄板所制成的光电码盘要比玻璃码盘抗振性好、耐不洁环境。但由于槽数受限，所以分辨力较低。

5.1.2 增量式编码器

增量式编码器通常为光电码盘，结构形式如图 5-4 所示。

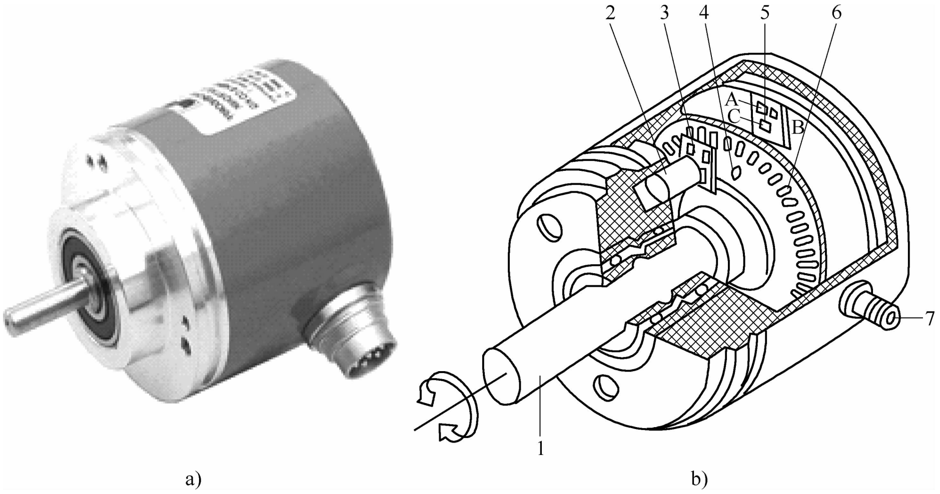


图 5-4 增量式光电码盘结构示意图

1—转轴 2—LED 3—光栏板 4—零标志位光槽 5—光敏原件 6—码盘 7—电源及信号线连接座

光电码盘与转轴连在一起。码盘可用玻璃材料制成，表面镀上一层不透光的金属铬，然后在边缘制成向心透光狭缝。透光狭缝在码盘圆周上等分，数量从几百条到几千条不等。这样，整个码盘圆周上就等分成 n 个透光的槽。除此之外，增量式光电码盘也可用不锈钢薄板制成，然后在圆周边缘切割出均匀分布的透光槽，其余部分均不透光。

光电码盘的光源最常用的是自身有聚光效果的 LED。当光电码盘随工作轴一起转动时，在光源的照射下，透过光电码盘和光栏板狭缝形成忽明忽暗的光信号，光敏元件把此光信号转换成电脉冲信号，通过信号处理电路的整形、放冲信号，通过信号处理电路的整形、放大、细分、辨向后，向数控系统输出脉冲信号，也可由数码管直接显示位移量。

光电编码器的测量精度取决于它所能分辨的最小角度，而这与码盘圆周上的狭缝条纹数 n 有关，即分辨角度为

$$\alpha = 360°/n;\ 分辨率 = 1/n \tag{5-2}$$

例如，条纹数为 1024，根据式（5-2）可以得出分辨的最小角度 $\alpha = 360°/1024 = 0.352°$。

为了得到码盘转动的绝对位置，还须设置一个基准点，如图 5-4 中的“零标志位光槽”，又称“一转脉冲”；为了判断码盘旋转的方向，光栏板上的两个狭缝距离（$m + 1/4$）倍，m 为正整数，并设置了两组光敏元件，如图 5-4 中的 A、B 光敏元件，有时又称为 cos、sin 元件。光电编码器的输出波形如图 5-5 所示。

5.1.3 旋变编码器

除了绝对值编码器、增量编码器外，还有一种旋变编码器。它是来源于最早期的旋转变压器工作原理。旋变是一种输出电压随转子转角变化的信号元件。当励磁绕组以一定频率的交流电压励磁时，输出绕组的电压幅值与转子转角成正余弦函数关系，或保持某一比例关系，或在一定转角范围内与转角成线性关系。按励磁方式分，旋转变压器分为 BRT 和 BRX 两种，BRT 是单相励磁两相输出；BRX 是双相励磁单相输出。用户往往选择 BRT 型的旋转变压器（简称旋变），因为它易于解码。

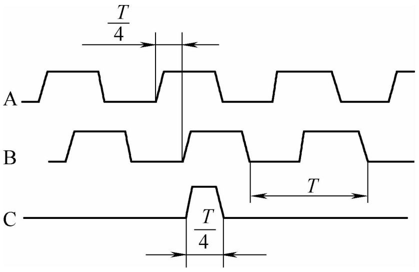
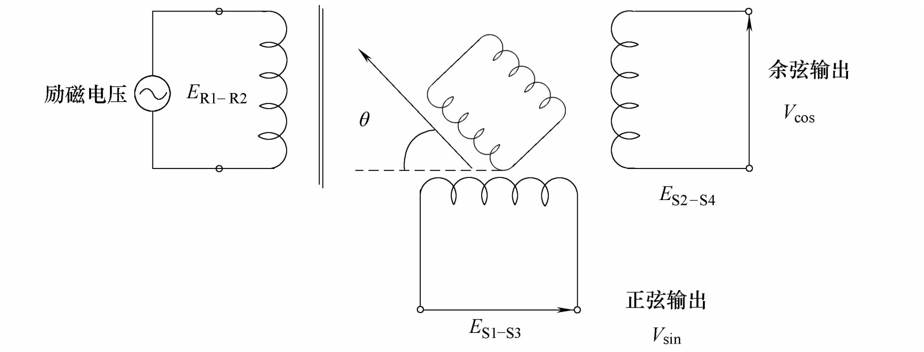


图 5-5 光电编码器的输出波形

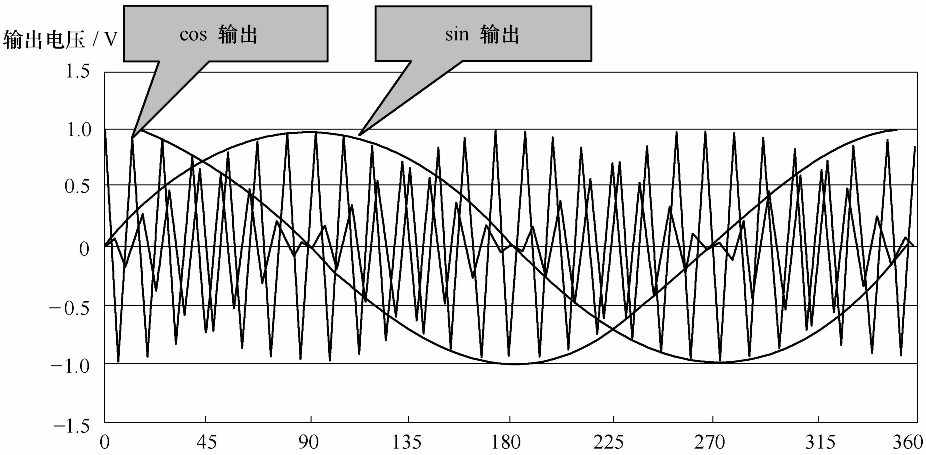
如图 5-6a 所示，旋变的输入/输出电压之间的具体函数关系如下所示：

设转子转动角度为 θ，一次绕组电压（即励磁电压）为

$$E_{R1-R2}=E*\sin2\pi ft \tag{5-3}$$



a) 旋变工作原理



b) 旋变编码器波形输出

图 5-6 旋变编码器

式中 f——励磁频率；

E——信号幅度。

那么输出电压

$$E_{S1-S3}=K*E*\sin2\pi ft*\cos\theta;\ E_{S2-S4}=K*E*\sin2\pi ft*\sin\theta \tag{5-4}$$

式中 K——传输比；

θ——转子偏离原点的角度。

令 $\theta=\omega t$，即转子做匀速运动，那么其输出信号的函数曲线可表示为图5-6b所示。

图5-6b中信号频率为f，即励磁信号频率，最大幅度为E，包络信号为 $\sin\omega t$ 和 $\cos\omega t$，解码器就是通过检测这两组输出信号获取旋变位置信息的。不难看出，励磁频率越高，旋变解码精度也就越高，而励磁电压幅度则对解码没有很明显的影响。

5.1.4 编码器的应用

编码器除了能直接测量角位移或间接测量直线位移外，还有以下用途：

1. 数字测速

由于光电编码器的输出信号是脉冲形式，因此，可以通过测量脉冲频率或周期的方法来测量转速。光电编码器可代替测速发电机的模拟测速而成为数字测速装置。数字测速方法有M法测速和T法测速，如图5-7所示。

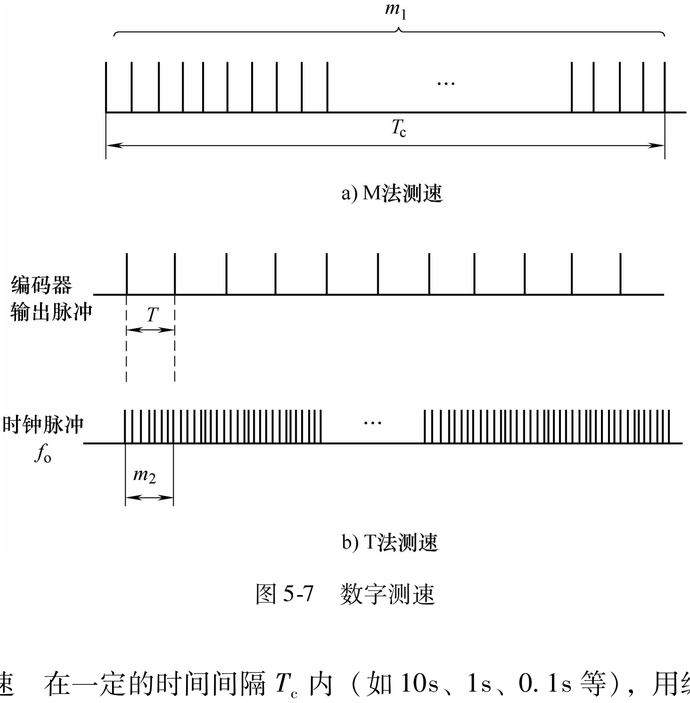


图5-7 数字测速

（1）M法测速 在一定的时间间隔 T_c 内（如10s、1s、0.1s等），用编码器所产生的脉冲数来确定速度的方法称为M法测速。

若编码器每转产生 N 个脉冲，在 t_c 间隔内得到 m_1 个脉冲，则编码器所产生的脉冲频率为

$$f=m_1/t_c \tag{5-5}$$

则转速（r/min）为

$$n=60f/n=60(m_1/t_c)/n=60m_1/(nt_c) \quad (5\text{-}6)$$

【实例】 某编码器的指标为 1024 个脉冲/r（1024p/r），在 0.4s 时间内测得 4K 脉冲（1K = 1024），即 $n=1024\text{p/r}$，$t_c=0.4\text{s}$，$m_1=4\text{K}=1024\times4=4096$ 脉冲，求转速 n。

解：编码器轴的转速

$$n=60m_1/(nt_c)=60\times4096/(1024\times0.4)\text{r/min}=600\text{r/min}$$

M 法测速适合于转速较快的场合。例如，脉冲的频率 $f=1000\text{Hz}$，$t_c=1\text{s}$ 时，此时测量精度可达 0.1% 左右；而当转速较慢时，编码器的脉冲频率较低，测量精度则降低。

t_c 的长短也会影响测量精度。t_c 取得较长时，测量精度较高，但不能反应速度的瞬时变化，不适合动态测量；t_c 也不能取得太小，以至于在 t_c 时段内得到的脉冲太少，而使测量精度降低。例如，脉冲的频率 f 为 1000Hz，t_c 缩短到 0.01s 时，此时的测量精度将降低到 10% 左右。

（2）T 法测速　用编码器所产生的相邻两个脉冲之间的时间来确定被测转速的方法称为 T 法测速。在 T 法测速中，必须使用标准频率 f_c（其周期为 T_c，例如 1μs）作为测量编码器周期 T 的“时钟”。

设编码器每转产生 n 个脉冲，测出编码器输出的两个相邻脉冲上升沿（即周期 T）之间所能填充的标准时钟个数 m_2，就可得到周期 T，

$$T=m_2T_c \quad (5\text{-}7)$$

转速 n（r/min）可由下式求得：

$$n=60f/N=60/(TN)=60/[(m_2T_c)N]=60/[(m_2/f_c)N]=60f_c/(Nm_2) \quad (5\text{-}8)$$

【实例】 某编码器为 1024 脉冲/r，已知标准频率时钟 $f_c=1\text{MHz}$，测得编码器输出的两个相邻脉冲上升沿之间所能填充的标准时钟数 $m_2=1000$ 脉冲，求转速 n。

解：编码器轴的转速

$$n=60f_c/(Nm_2)=60\times1\times10^6/(1024\times1000)\text{r/min}=58.6\text{r/min}$$

T 法测速适合于转速较慢的场合。例如 9 编码器输出脉冲的频率 $f=10\text{Hz}$，$f_c=10\text{kHz}$ 时，测量精度可达 0.1% 左右；而当转速较快（编码器输出脉冲的周期较短）时，测量精度则降低。f_c 也不能取得太低，以至于在 T 时段内得到的脉冲太少，而使测量精度降低。

2. 在交流伺服电动机中的应用

交流伺服电动机是当前伺服控制中的最新技术之一。交流伺服电动机的运行需要角度位置传感器，以确定各个时刻转子磁极相对于定子绕组转过的角度，从而控制电动机的运行。图 5-8 所示为一交流伺服电动机及控制系统框图。

从图 5-8b 中可以看出，光电编码器在交流伺服电动机控制中起了 3 个方面的作用：①提供电动机定、转子之间相互位置的数据；②通过 F/V（频率/电压）转换电路提供速度反馈信号；③提供传动系统角位移信号，作为位置反馈信号。

3. 工位编码

由于绝对式编码器每一转角位置均有一个固定的编码输出，若编码器与转盘同轴相连，则转盘上每一工位安装的被加工工件均可以有一个编码相对应，如图 5-9 所示。当转盘上某一工位转到加工点时，该工位对应的编码由编码器输出给控制系统。

例如，要使处于工位 5 上的工件转到加工点等待钻孔加工，计算机就控制电动机通过传动机构带动转盘旋转。与此同时，绝对式编码器输出的编码不断变化。当输出从 0100 变为

0110 时，表示转盘已将工位 5 转到加工点，电动机停转。

这种编码方式在加工中心（一种带刀库和自动换刀装置的数控机床）的刀库选刀率制中得到广泛应用。

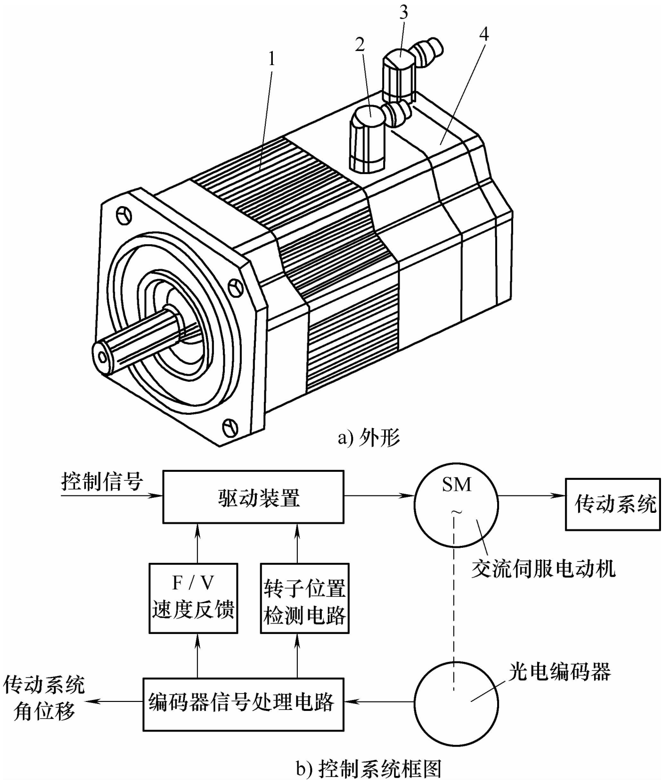


图 5-8　交流伺服电动机及控制系统

1—电动机本体　2—三相电源（U、V、W）连接座　3—光电编码器信号输出及电源连接座　4—光电编码器

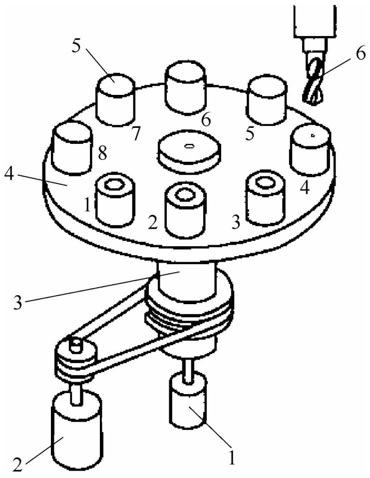


图 5-9　转盘工位编码

1—绝对式编码器　2—电动机　3—转轴　4—转盘　5—工件　6—刀具

5.2 光栅传感器

5.2.1 光栅传感器的类型与原理

1. 光栅的类型和结构

光栅种类很多，可分为物理光栅和计量光栅。物理光栅主要是利用光的衍射现象，常用于光谱分析和光波波长测定，而在检测中常用的是计量光栅。计量光栅主要是利用光的透射和反射现象，常用于位移测量，有很高的分辨力，可优于 0.1μm。另外，计量光栅的脉冲读数速率可达每毫秒几百次之高，非常适用于动态测量。

计量光栅可分为透射式光栅和反射式光栅两大类，均由光源、光栅副、光敏元件三大部分组成。光敏元件可以是光敏二极管，也可以是光电池。透射式光栅一般是用光学玻璃作基体，在其上均匀地刻划出间距、宽度相等的条纹，形成连续的透光区和不透光区，如图 5-10 所示；反射式光栅一般使用不锈钢作基体，在其上用化学方法制出黑白相间的条纹，形成反光区和不反光区，如图 5-10b 所示。

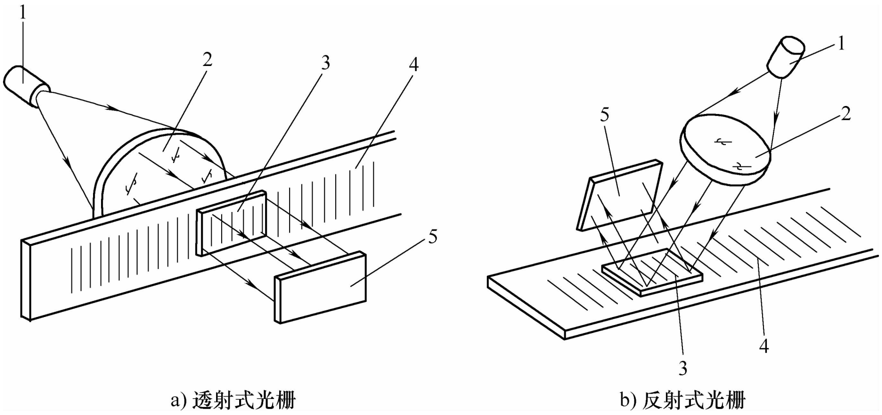


图 5-10 计量光栅的种类

1—光源 2—透镜 3—指示光栅 4—标尺光栅 5—光敏元件

计量光栅按形状可分为长光栅和圆光栅。长光栅用于直线位移测量，故又称直线光栅；圆光栅用于角位移测量，两者工作原理基本相似。图 5-11 所示为直线光栅外观及内部结构剖面示意图，图 5-12 为直线透射式光栅测量示意图。

计量光栅由标尺光栅（主光栅）和指示光栅组成，所以计量光栅又称光栅副。标尺光栅和指示光栅的刻线宽度和间距完全一样。将指示光栅与标尺光栅叠合在一起，两者之间保持很小的间隙（0.05mm 或 0.1mm）。在长光栅中标尺光栅固定不动，而指示光栅安装在运动部件上，所以两者之间形成相对运动。在圆光栅中，指示光栅通常固定不动，而标尺光栅随轴转动。

在图 5-13 中，a 为栅线宽度，b 为栅缝宽度，$W=a+b$ 称为光栅常数，或称栅距。通常 $a=b=W/2$，栅线密度一般为 10 线/mm、25 线/mm、50 线/mm、100 线/mm 和 20 线/mm 等几种。

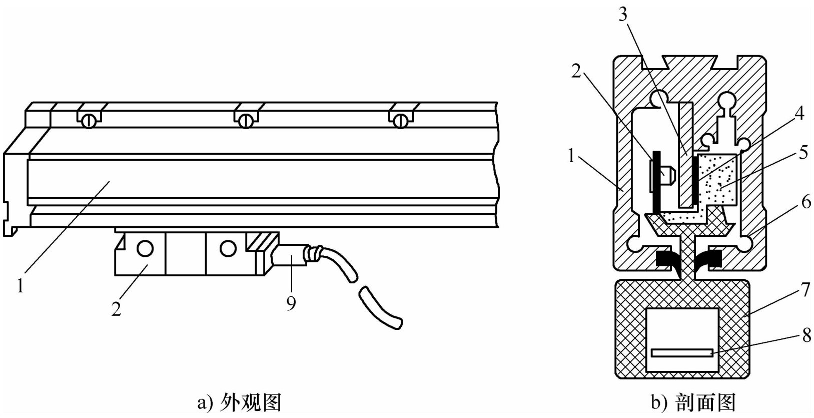


图 5-11　直线光栅外观及内部结构剖面示意图

1—铝合金外壳尺身　2—带聚光镜的 LED　3—标尺光栅　4—指示光栅
5—装有光敏元件的游标　6—密封唇　7—读数头　8—信号处理电路　9—电缆

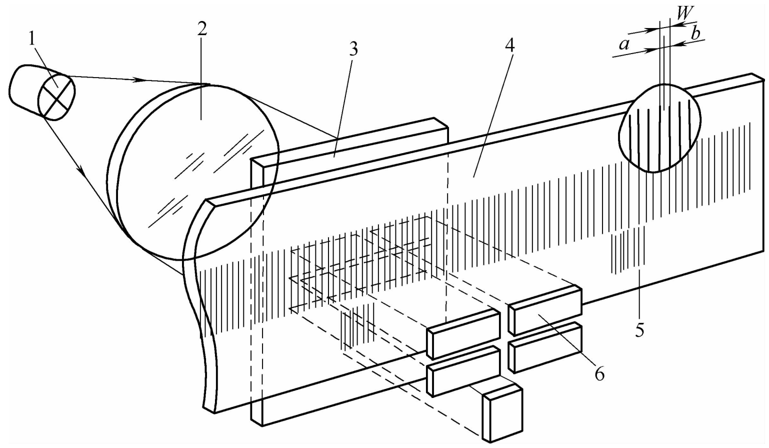


图 5-12　直线透射式光栅测量示意图

1—光源　2—透镜　3—指示光栅　4—标尺光栅　5—零位光栅　6—光敏元件

对于圆光栅来说，两条相邻刻线的中心线之夹角称为角节距，每周的栅线数从较低精度等级的 100 线到高精度等级的 2160 线不等。

无论长光栅或圆光栅，由于刻线很密，如果不进行光学放大，则不能直接用光敏元件来测量光栅移动所引起的光强变化，必须采用以下论述的莫尔条纹来放大栅距。

2. 光栅的工作原理

在透射式直线光栅中，把两光栅的刻线面相对叠和在一起，中间留有很小的间隙，并使两者的栅线保持很小的夹角 θ。在两光栅的刻线重合处，光从缝隙透过，形成亮带，如图 5-13*a-a* 中线所示；在两光栅刻线的错开处，由于相互挡光作用而形成暗带，如图 5-13 中 *b-b* 线所示。

这种亮带和暗带形成明暗相间的条纹称为莫尔条纹，条纹方向与刻线方向近似垂直。通常在光栅的适当位置（如图 5-13 中的 sin 或 cos 位置）安装光敏元件。

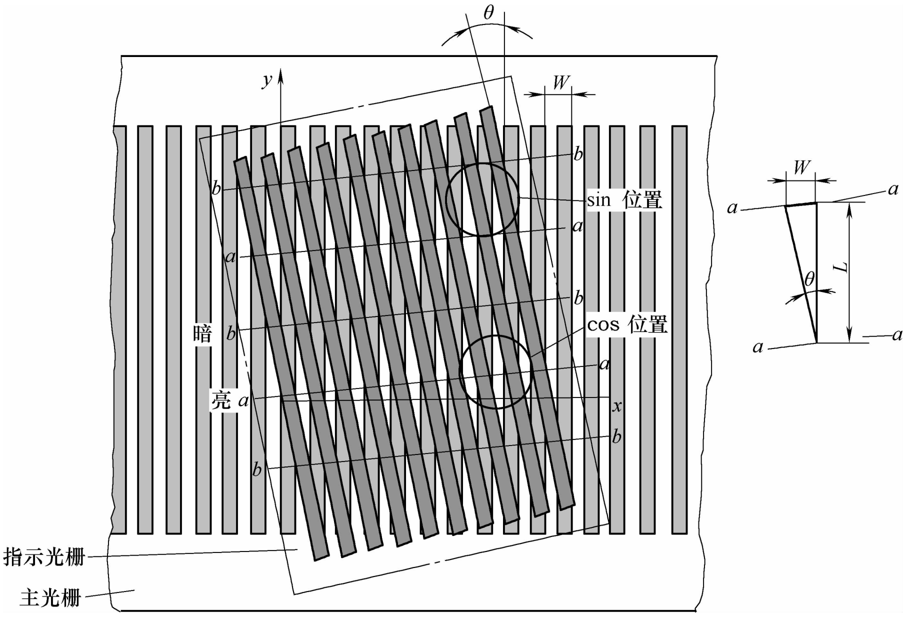


图 5-13　等栅距黑白透射光栅形成的莫尔条纹（$\theta \neq 0$）

当指示光栅沿 x 轴自左向右移动时，莫尔条纹的亮带和暗带（a-a 线和 b-b 线）将顺序自下而上（图中的 y 方向）不断地掠过光敏元件。光敏元件“观察”到莫尔条纹的光强变化近似于正弦波变化。光栅移动一个栅距 W，光强变化一个周期，如图 5-14 所示。

莫尔条纹有如下特征：

1）莫尔条纹是由光栅的大量刻线共同形成的，对光栅的刻划误差有平均作用，从而能在很大程度上消除光栅刻线不均匀引起的误差。

2）当两光栅沿与栅线垂直的方向做相对移动时，莫尔条纹则沿光栅刻线方向移动（两者的运动方向相互垂直）；光栅反向移动，莫尔条纹亦反向移动。在图 5-12 中，当指示光栅向右移动时，莫尔条纹向上运动。

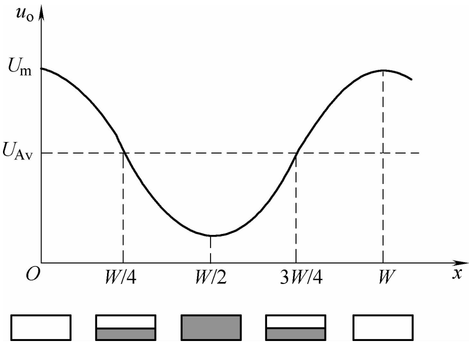


图 5-14　光栅位移与光强及输出电压的关系

3）莫尔条纹的间距是放大了的光栅栅距，它随着光栅刻线夹角而改变。由于 θ 很小，所以其关系可用下式表示

$$L = W/\sin\theta \approx W/\theta \tag{5-9}$$

式中　L——莫尔条纹间距；

W——光栅栅距；

θ——两光栅刻线夹角，必须以弧度（rad）为单位，式（5-9）才能成立。

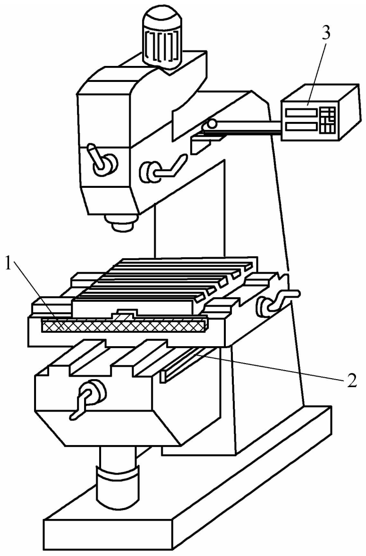
从式（5-9）可知，θ 越小，L 越大，相当于把微小的栅距扩大了 $1/\theta$ 倍。由此可见计量光栅起到光学放大器的作用。例如，对 25 线/mm 长光栅而言，$W = 0.04$mm，若 $\theta = 0.016$ rad，则 $L = 2.5$mm。计量光栅的光学放大作用与安装角度有关，而与两光栅的安装间隙无关。莫尔条纹的宽度必须大于光敏元件的尺寸，否则光敏元件无法分辨光强的变化。

4）莫尔条纹移过的条纹数与光栅移过的刻线数相等。例如，采用 100 线/mm 光栅时若光栅移动了 $x$mm（也就是移过了 100x 条光栅刻线），则从光电元件面前掠过的莫尔条纹也是 100x 条。由于莫尔条纹比栅距宽得多，所以能够被光敏元件所识别。将此莫尔条纹产生的电脉冲信号计数，就可知道移动的实际距离。

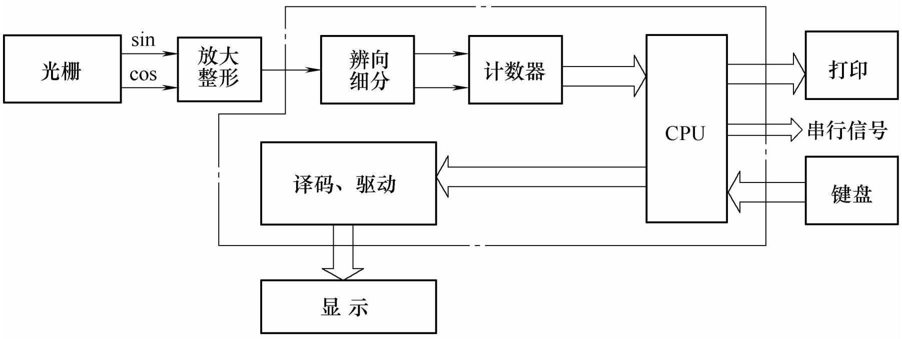
5.2.2 光栅传感器的应用

由于光栅具有测量精度高等一系列优点，若采用不锈钢反射式光栅，测量范围可达数十米，而且不需接长，信号抗干扰能力强，因此在国内外受到重视和推广，但必须注意防尘防振问题。近年来我国设计、制造了很多光栅式测量长度和角度的计量仪器（如光栅尺等），并成功地将光栅作为数控机床的位置检测元件，用于精密机床和仪器的精密定位、长度检测、速度、振动和爬行的测量等。

图 5-15a 所示为光栅数显表在机床进给运动中的应用。



a) 数显表在机床给进运动中的应用



b) 微机光栅数显表的组成框图

图 5-15 光栅数显表

1—横向给进位置光栅检测 2—纵向给进位置光栅检测 3—数字显示装置

在机床操作过程中，由于用数字显示方式代替了传统的标尺刻度读数，大大提高了加工精度和加工效率。以横向给进为例，光栅读数头固定在工作台上，尺身固定在床鞍上，当工作台沿着床鞍左右运动时，工作台移动的位移量（相对值/绝对值）可通过数字显示装置显示出来。同理，床鞍前后移动的位移量可按同样的方法来处理。

图 5-15b 所示为微机光栅数显表的组成框图。在微机光栅数显表中，放大、整形采用传统的集成电路，辨向、细分可由微机来完成。

5.3 西门子伺服电动机编码器的安装与调试

5.3.1 任务概述

这项技术适用于对西门子伺服电动机（型号为 1FT603-1FT613，1FK604-1FK610）内置编码器损坏后的安装、调试，配置的增量型编码器为德国海德汉公司的 ERN1387. 001/020，绝对值编码器为海德汉公司的 EQN1325. 001。

1）使用工具有公制内六方扳手一套，自制专用工具一个，十字螺钉旋具及一字螺钉旋具各一把，梅花螺钉旋具 6 件套。

2）可解决的问题：对有故障的西门子伺服电动机进行修理或更换损坏的伺服电动机内置编码器，做到修旧利废，节约维修费用。

5.3.2 任务实施

1. 该操作方法和一般操作方法的区别

在数控机床配置的西门子数控系统中，驱动电动机分为主轴电动机和伺服电动机两种。当电动机定子、转子、轴承有故障或其电动机内置编码器损坏时，都需要对编码器拆卸进行修理或更换。对伺服电动机来说，则必须按照编码器的安装要求，严格执行安装步骤。只要安装过程中出一点差错，就会出现编码器方面的报警而不能起动机床或出现飞车事故，导致电动机报废或机械部件损坏，因此正确安装非常重要。

2. 该项技术的操作步骤

（1）拆卸损坏的编码器

关掉机床电源，解掉伺服电动机的电源电缆及反馈电缆，把电动机从机床上拆下来放到工作台案上，用内六方扳手去掉电动机端盖上的四个螺栓，打开端盖，先卸下编码器盖，拔下编码器上的插接电缆，用十字螺钉旋具卸下支持盘上的两个小螺钉，用内六方扳手卸出编码器中心孔内的螺栓，然后用自制专用工具把编码器从电动机轴上顶出来（见图 5-16）。这

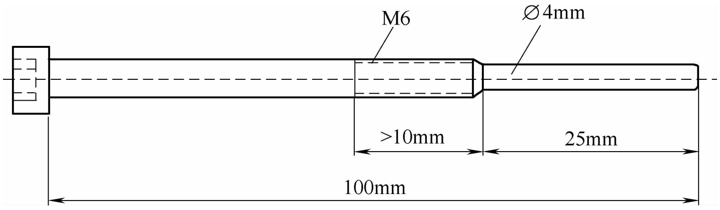


图 5-16　自制专用工具尺寸图

样第一步工作即告完成。

（2）安装海德汉公司的 ERN1387. 001/020 或 EQN1325. 001 编码器

第 1 步：安装支持盘。不同型号的电动机，其支持盘的外形也不一样，如图 5-17 和图 5-18 所示，这由购买的备件提供。用 4 条 M2. 5 ∗ 6 的小螺钉将支持盘安装到编码器的轴端。注意事项：确保支持盘面和编码器的底面间距为 5. 2mm 或 12mm。

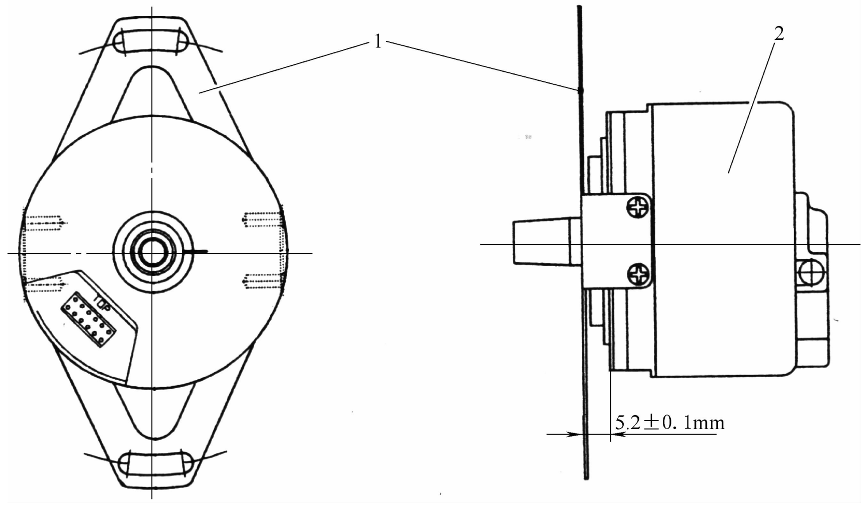


图 5-17　1FT606-1FT613/1FK606-1FK613 电动机内置编码器的支持盘

1—支持盘　2—编码器

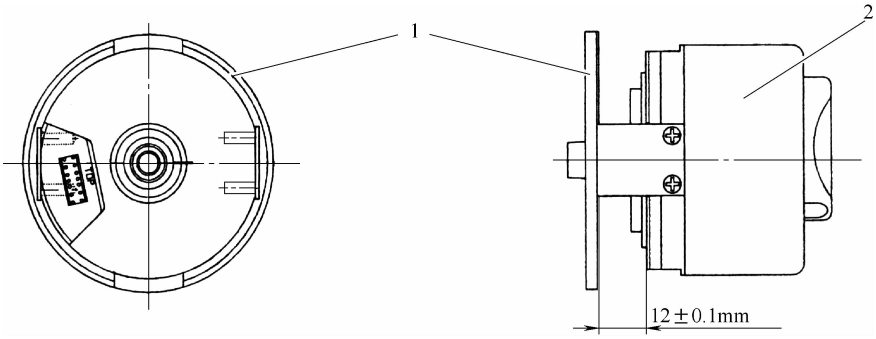


图 5-18　安装支持盘

1—1FT603. -04 电动机内置编码器的支持盘　2—编码器

第 2 步：调整电动机轴。依据电动机的型号，用手转动电动机轴，把电动机轴上的标记调整到如图 5-19 中箭头所示位置，即标记要和安装支持盘的孔保持一致。

第 3 步：调整编码器。揭掉编码器盖，对 ERN1387. 001/020 来说，把编码器内部玻璃盘上的标记 1 调整到和电路板上的标记 2 相重合；对 EQN1325. 001 来说，把编码器内部齿轮上的标记 3 调整到和外壳上标记 4 相重合，如图 5-20 所示。

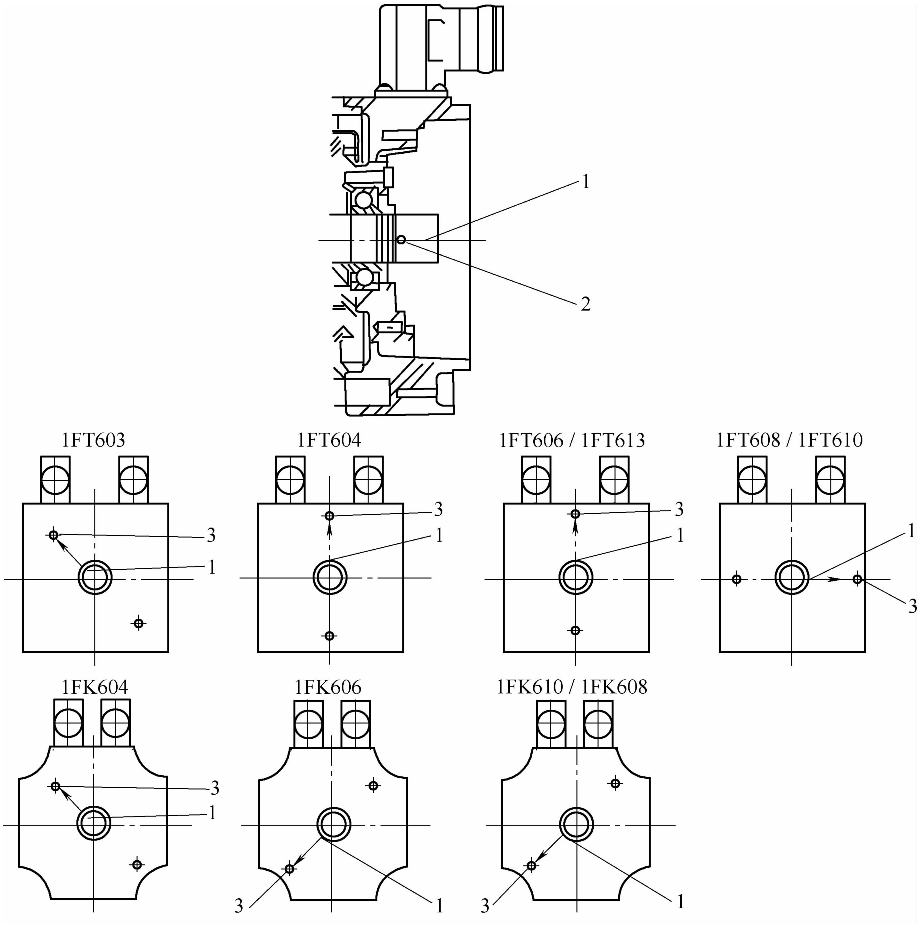


图 5-19　调整电机轴角度

1—标记　2—电动机轴　3—支持盘的安装孔

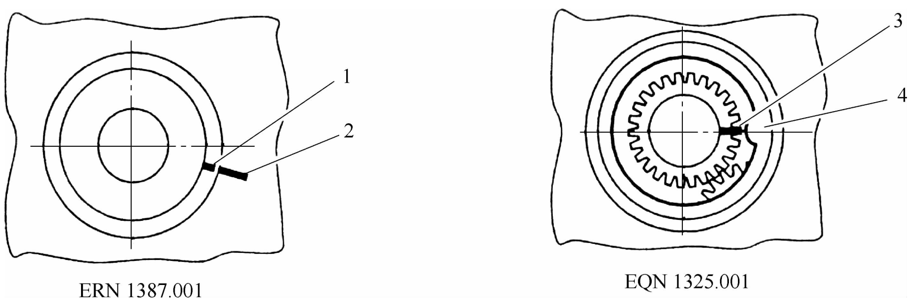


图 5-20　调整编码器内部的标记

1—玻璃盘上的标记　2—电路板上的标记　3—齿轮上的标记　4—外壳上的标记

第 4 步：安装编码器到电动机轴上。把调整好标记的编码器锥形轴对准已调好位置的电动机轴轻轻地推上去，确保电缆出口位于正确的位置上，如图 5-21 所示。

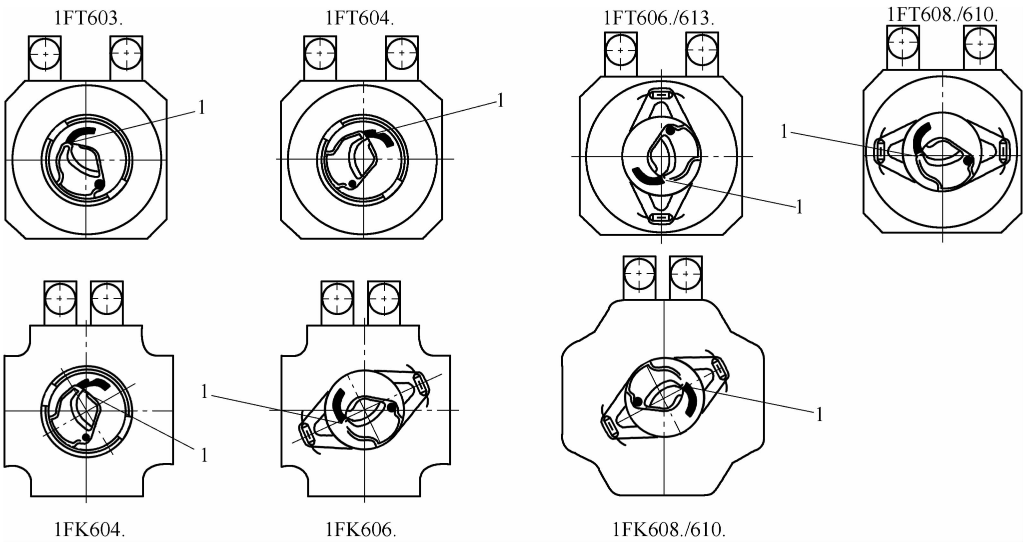


图 5-21 编码器在电动机里所处的位置角度
1—编码器的电缆出口

1FT606-1FT613 和 1FK606-1FK610 电动机，其安装支持盘的螺孔必须要位于支持盘上的长孔中间，对于 1FT603-604 和 1FK604 电动机来说，安装支持盘的螺孔必须要位于支持盘的焊接区域中间。其调整角度范围如图 5-22 所示。

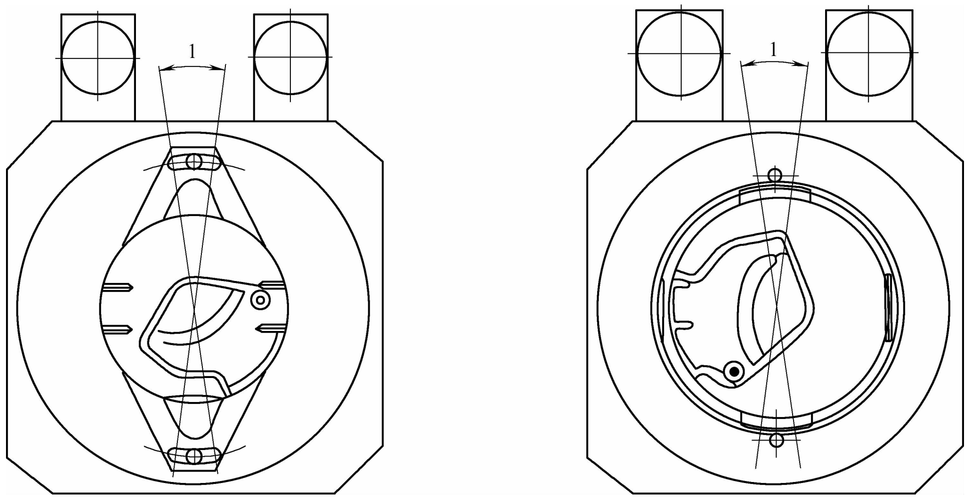


图 5-22 调整角度范围
1—编码器支持盘的调整角度

第 5 步：固定编码器。对 ERN1387. 001/020 编码器来说，用 M5 * 50 螺栓穿过中心孔将其固定；对 EQN1325. 001 编码器来说，用 M5 * 70 螺栓穿过中心孔将其固定。

注意固定时用力要适当，防止编码器旋转。然后安上固定支持盘的 2 个螺钉，把电源线插头插上，盖上金属外壳，保证电源线顺利地放在外壳的槽内，并使屏蔽层和金属外壳良好接触，安上固定外壳的螺钉。

第 6 步：试验电动机。编码器安装好后，装上电动机端盖，在工作台案上连接好电动机的动力电缆和反馈电缆，先进行电动机的空载试验。给机床送电，待机床起动方式组就绪后，可点动试验电动机，如果电动机能够正常转动无报警、无飞车现象，说明编码器安装成功，否则还需拆下重新进行安装。若直接在机床上试车，如果出现飞车现象，将会严重损坏机床的机械部分。

第 7 步：将电动机安装到机床上。电动机空载试验好后，即可将其安装到机床上，然后再通电试车，检验其运动性能，通过参数观察电动机电流和负荷情况，了解电动机所带轴的运动情况，并根据需要随时进行调整。

5.3.3 技术答疑

在更换西门子伺服电动机的编码器操作中容易出现错误，必须注意以下 5 个要点。

1）安装支持盘时要确保支持盘面和编码器的底面保持平行，并注意其间距及公差范围。否则在旋转过程中容易损坏支持盘或编码器轴。

2）要注意电动机轴上的标记，这个标记随电动机型号不同，其所处的方向亦不一样。

3）要注意编码器上的标记，对 ERN1387.001/020 编码器来说，玻璃盘和电路板上的标记较清楚，也容易调整。而对编码器 EQN1325.001 来说，齿轮上的标记是一个小黑点，如果将标记对偏后将出现报警或飞车，飞车现象导致的后果较严重，必须引起足够的重视。常见的报警内容有：

26020 axis x hardware fault during encoder initialization

300504 axis x drive fault of motor transducer

300505 axis x drive fault measuring system error in absolute track，code 00004H（对绝对编码器来说）

4）电动机在拆卸、搬动过程中，要轻拿轻放，防止碰撞，特别是编码器部位绝对不能用锤敲击，否则很容易损坏编码器内部的光学元件和电动机的抱闸装置。

5）如果是垂直轴电动机，其内部有抱闸装置，无法用手转动电动机轴。这样在调整轴上的标记之前还需要给抱闸电源端子上通一个 24V 直流电源，并注意极性，使抱闸装置松开。若电源极性接反，抱闸装置将不能松开。

5.4 西门子电动机旋变编码器的调试

5.4.1 1FK7 电动机旋变编码器的零标志

旋变编码器和光电增量编码器不同，光电增量编码器每转有 1 个零标志，而旋变编码器由于发出的是周期性的模拟量正弦电压信号，自身是没有零标志的，作为轴的测量系统，其零标志由驱动控制器产生。

旋变编码器有两极和多级之分。其中，1FK/1FT6 电动机可以装 2 极旋变编码器，也可以装多级旋变编码器。而如果装多级旋变编码器，旋变编码器的极对数就是电动机的极对数。

驱动器对于旋变编码器，每一个正旋电压信号周期产生 1 个零标志。所以说，2 极编码

器每转只产生1个零标志，而多极编码器则会产生多个零标志，即极对数为1对的电动机旋变每转产生1个零标志；极对数为3对的电动机旋变每转产生3个零标志；极对数为4对的电动机旋变每转产生4个零标志。

例如：某电动机为1FK7060-5AF71-1SG0（多极旋变，具体见图5-23），丝杆螺距为6mm；其驱动为SIMODRIVE BASELINE A驱动器。电动机极对数为4，则驱动器对于此电动机，每转产生4个零标志。SIMODRIVE将正弦电压信号转化为TTL信号转给CNC装置。

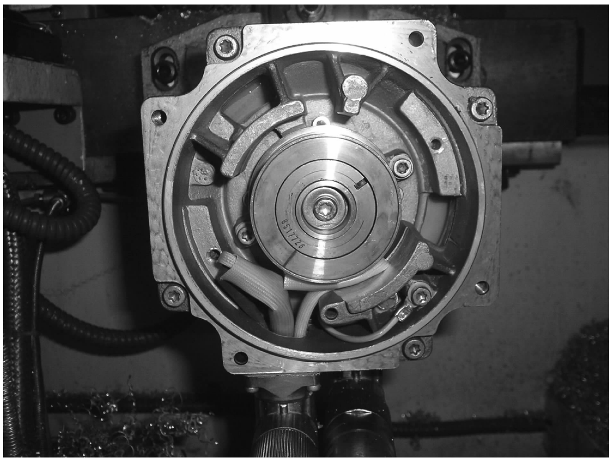


图5-23　1FK7电动机多极旋变编码器

5.4.2　调试方法

开始搜索零标志时的位置基本上与某个零标志重合，这种情况下比较容易出现回参考点误差。由于多极旋变编码器每转会产生多个零标志，所以说如果轴使用安装多极旋变的电动机，发生回参考点误差的概率大于安装光电增量编码器的电动机，且误差大小与极对数有关。

以上述例子来说，电动机每转产生4个零标志，每90°就有1个，如果发生回参考点误差，误差一般会是0.25×丝杆螺距=1.5mm。而安装光电增量编码器的电动机，每转1个零标志，如果发生误差就会是1个丝杆螺距6mm。

从机械装配的角度上说，任意连接电动机和滚珠丝杆，多极旋变电动机产生回零误差的概率就要高于光电增量编码器电动机。

出现这种情况时，只需要将电动机与负载间的联轴器或者齿型带松开，将丝杆略微旋转一个角度，避开重合点，再连接好即可。

第6讲
西门子802数控系统装调

【导读】

西门子802系列数控系统的装调主要包括硬件的电气接线和软件调试。前者需要对整个数控系统有一个深入的了解，后者则需要对西门子调试工具软件及相关数据包充分领会，如WINPCIN串行通信软件、Toolbox 802D调试数据包、Programming Tool PLC802内嵌型S7-200 PLC编程调试工具软件、PLC 802D Library标准PLC程序、SimoComU伺服驱动611U调试诊断工具软件等。本讲对802D sl数控系统在加工中心中的应用、WINPCIN和进给伺服的优化做了介绍。

6.1 802D sl加工中心的电气控制和调试

6.1.1 工艺要求及电气选型、设计

某加工中心需要加工批量较大、形状较复杂的小型壳体类零件，如一次装夹可以完成5个面的镗、铣、钻、扩、铰等工序的粗、精加工，具体要求如下：

1）系统需要实现三轴联动；

2）为保证机床定位精度和加工精度，要求系统最小设定单位为1μm；

3）机床各坐标快进速度为10m/min，进给速度为5m/min，重复定位精度为4μm。这对伺服系统响应速度和精度都有较高要求；

4）为满足选刀、换刀、工作台交换和其他辅助功能等动作的要求，CNC要求有足够的I/O点配置；

5）主轴转速要求为10～3500r/min，功率为12kW。

根据以上要求，这里选用了802D sl作为CNC系统，并根据第1～5讲的相关内容进行了系统配置如下（见图6-1）：

1）802D sl选型为6FC5370-0AA0-2AA0；

2）电源模块选型为6FX2002-1DC00-1BA0，与802D sl的X1相连；

3）NC键盘选型为6FC5303-0DM13-0AA0，与802D sl的X9相连；

4）电子手轮1个，与802D sl的X30相连；

5）PLC输入/输出模块1块，选型为PP72/48，通过PROFIBUS电缆与802D sl的X6相连；

6）MCPA选型为6FC5312-0DA01-0AA0，直接插入到802D sl中；

7）驱动选择S120，分别接1个主轴电动机1PH7133-2QD02-0CJ0、3个伺服电动机

1FK7101-5AF71-1DG5。

该加工中心具体的电气设计共有10张图样（见图6-2）。

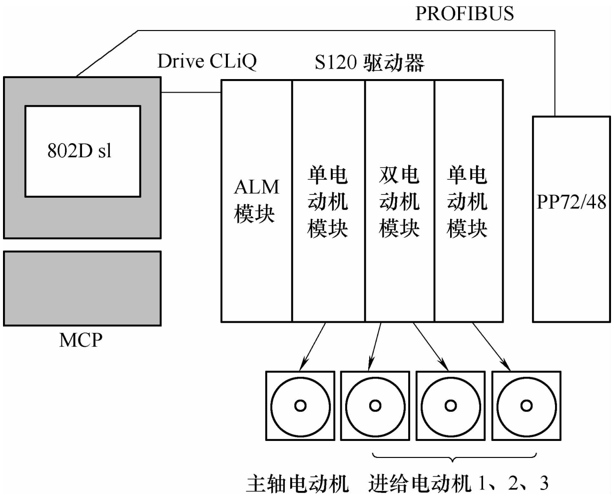


图6-1　802D sl加工中心系统配置

6.1.2　调试和参数设置

802D sl加工中心的调试需要完成PLC程序设计编制与调试、驱动器调试、刀库控制等。

1. 相关产品的接线与设置

输入/输出模块PP72/48模块可提供72个数字输入和48个数字输出。每个模块具有3个独立的50芯插槽，每个插槽中包括了24位数字量输入和16位数字量输出（输出的驱动能力为0.25A）。图6-3所示为PP72/48模块的具体说明。

- X1 DC24V电源3芯端子式插头（插头上已标明24V，0V和PE）；
- X2 PROFIBUS9芯孔式D型插头；
- X111，X222，X333 50芯扁平电缆插头(用于数字量输入/输出，可与端子转换器连接)；
- S1 PROFIBUS地址开关；
- 4个发光二极管PP72/48的状态显示。

这里需要设置PP72/48模块的地址，其设置为S1，比如为地址9（即二进制1001），如图6-4所示。PP72/48模块输入/输出信号的逻辑地址和接口端子号的对应关系见表6-1。

其他产品，如S120、电动机与编码器等产品均已经在相关章节介绍，不在此赘述。

2. 第一次通电

如果通电前检查无误，则可以给系统加电。合上系统的主电源开关，802D sl的PCU210.3、PP72/48以及驱动器均通电。

1）PP72/48上标有“POWER”和“EXCHANGE”的两个绿灯亮，表示PP72/48模块就绪，且有总线数据交换。如果“EXCHANGE”绿灯没有亮，则说明总线连接有问题。

2）802D sl进入主画面。这时进入802D sl的系统画面，找到PLC状态表。在状态表上应该能够看到所有输入信号的状态（如操作面板上的按键状态，行程开关的通断状态等）。如果看不到输入信号的状态，请检查总线连接或输入信号的公共端。

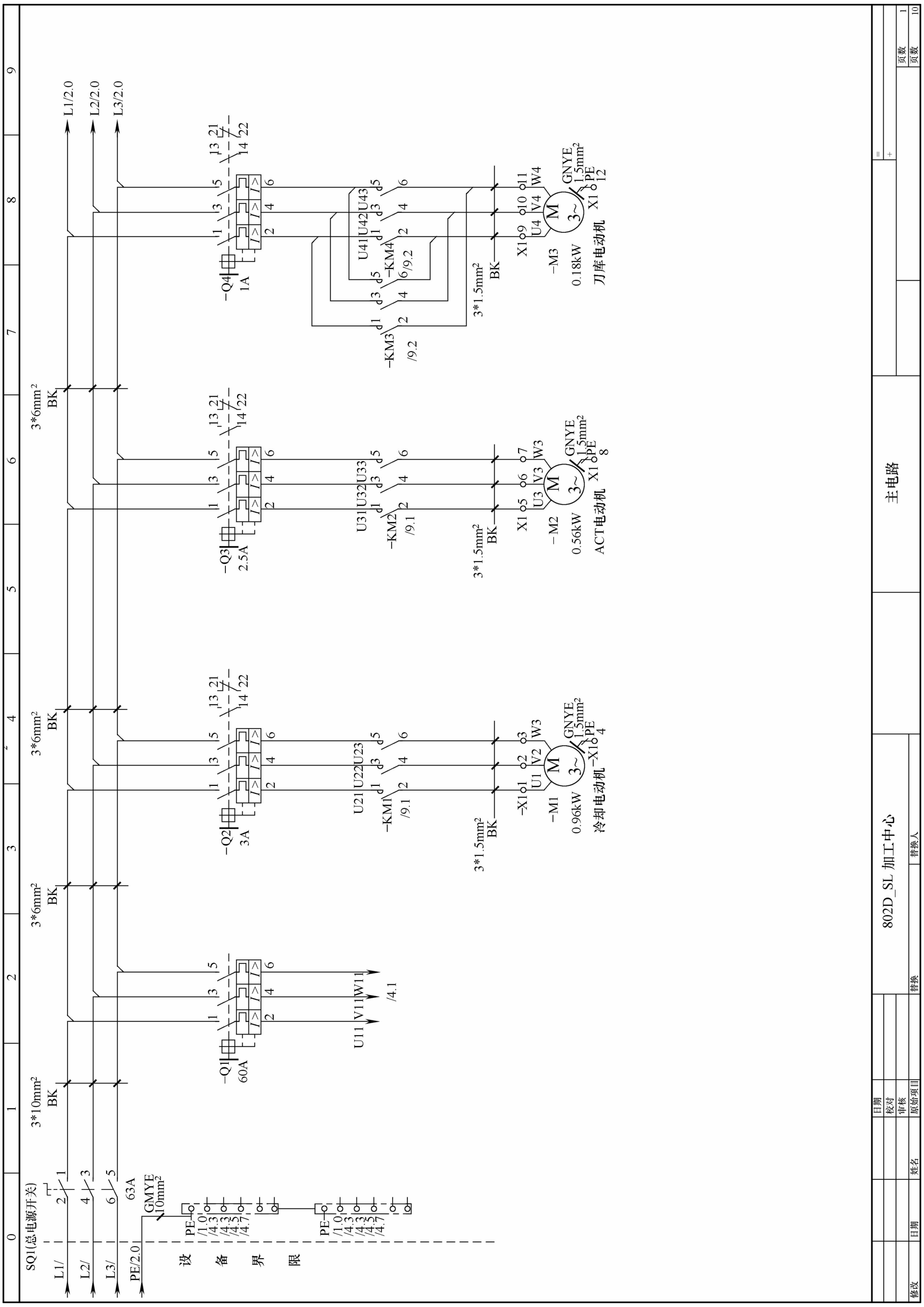


图6-2 802D sl加工中心电气控制

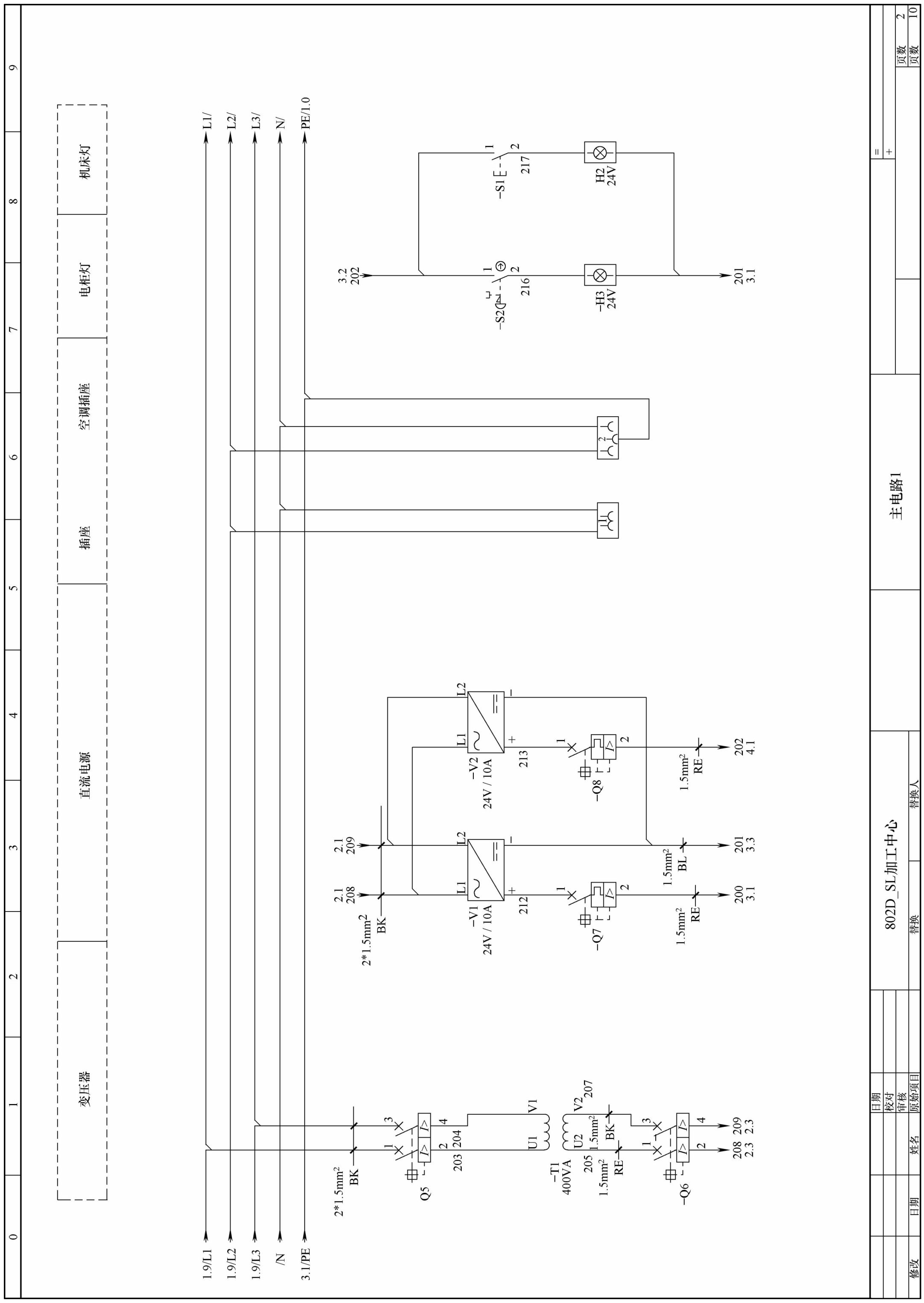


图6-2 802D sl加工中心电气控制（续一）

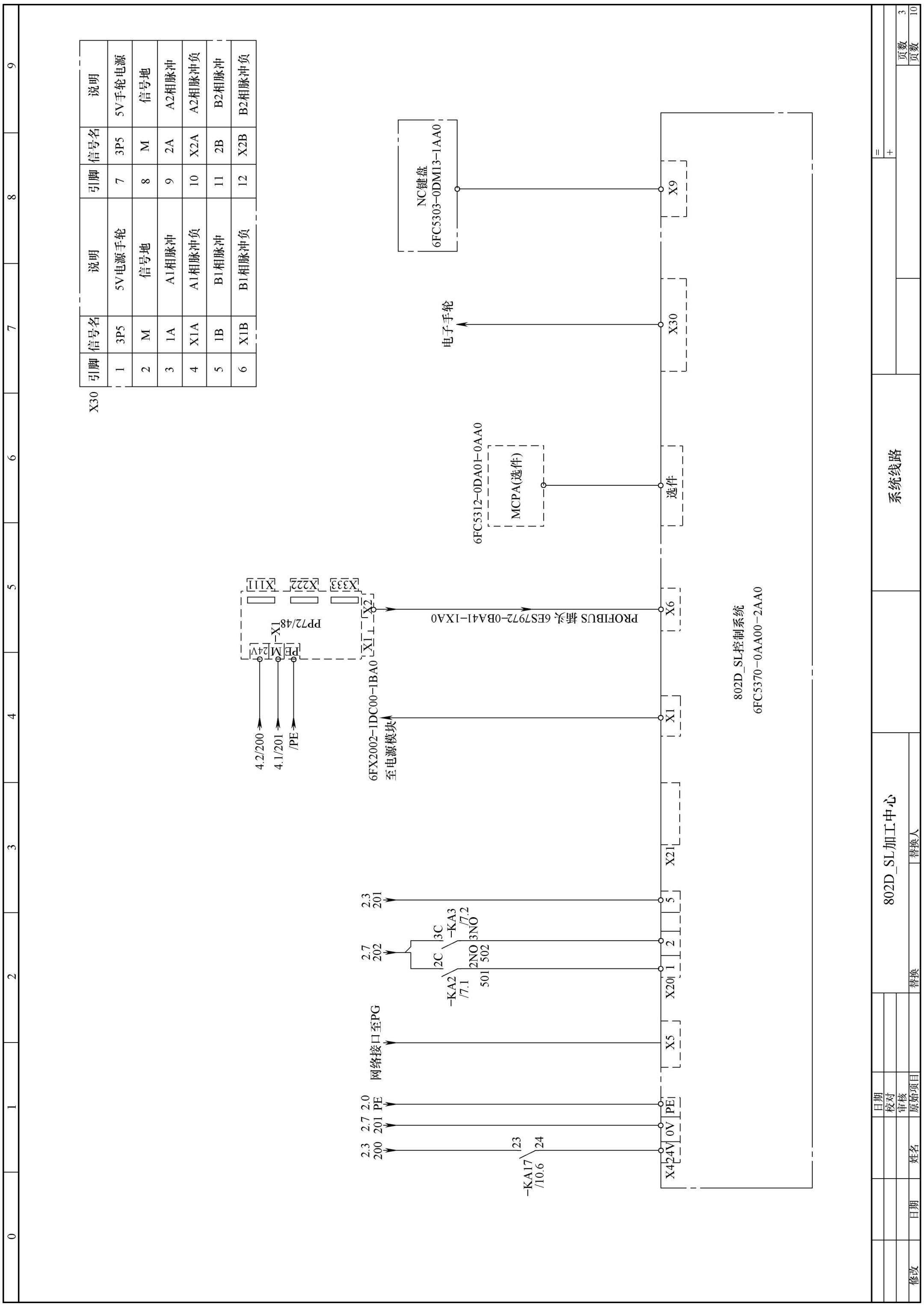


图6-2 802D sl加工中心电气控制(续二)

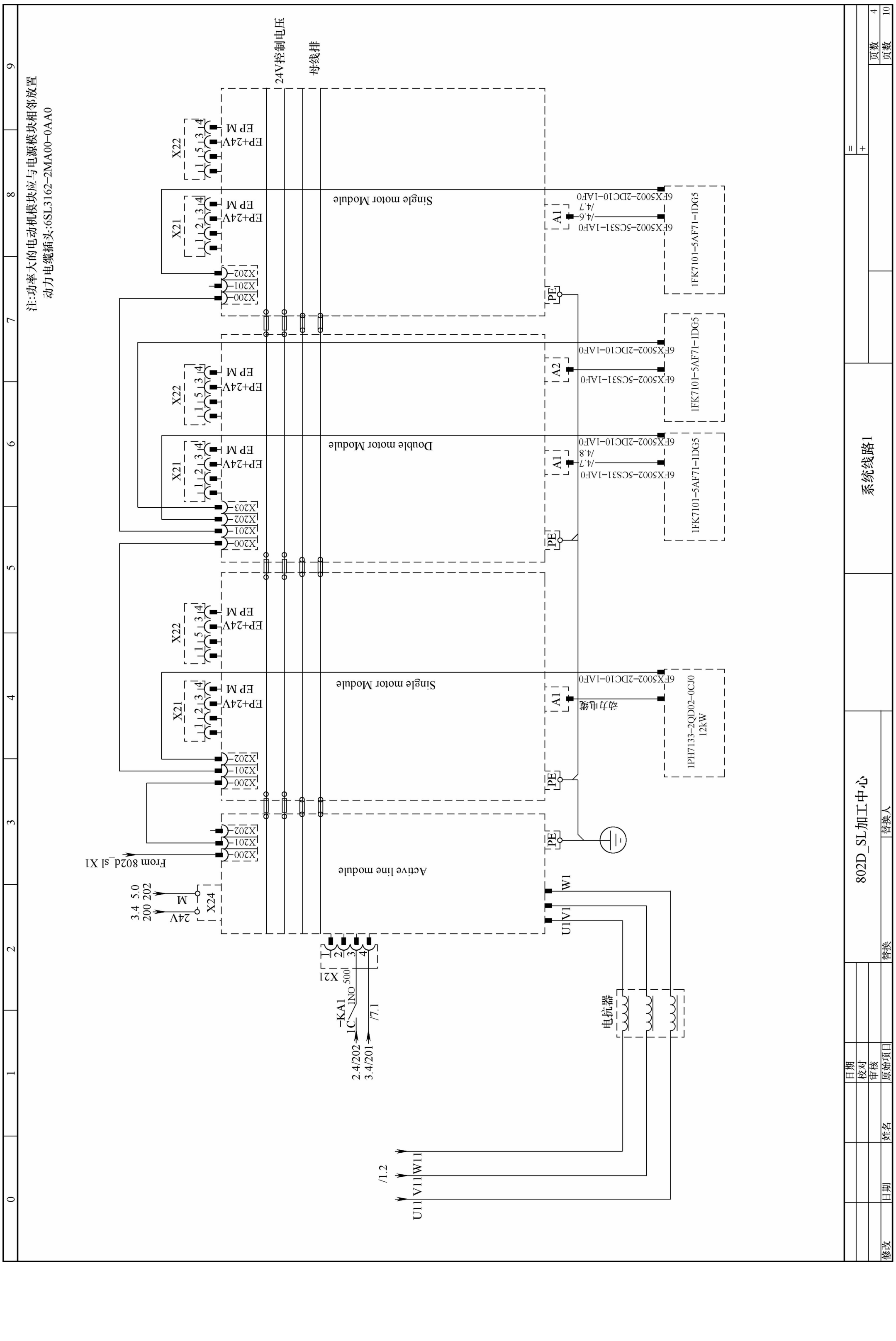


图6-2 802D sl加工中心电气控制 (续三)

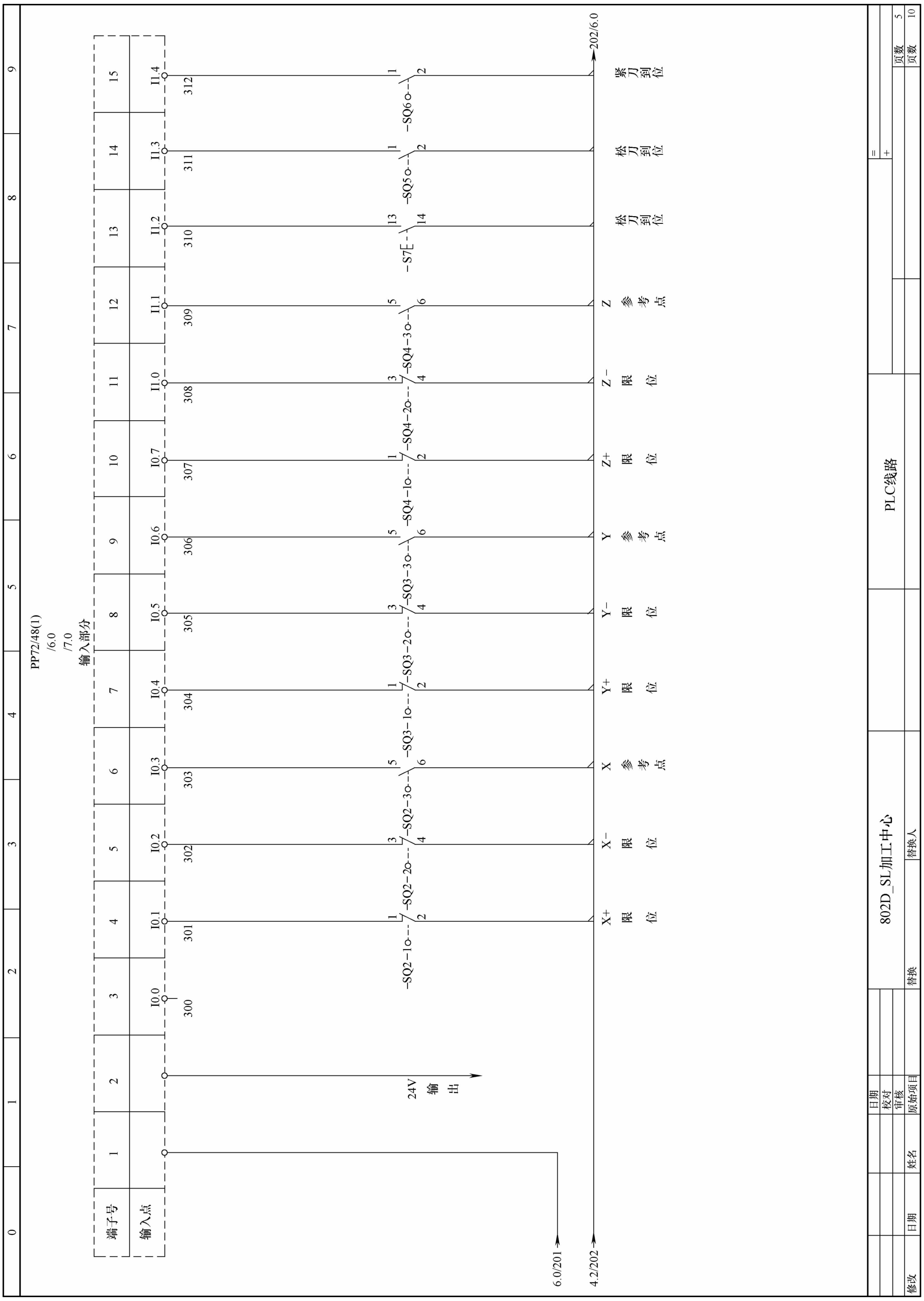


图6-2 802D s1加工中心电气控制(续四)

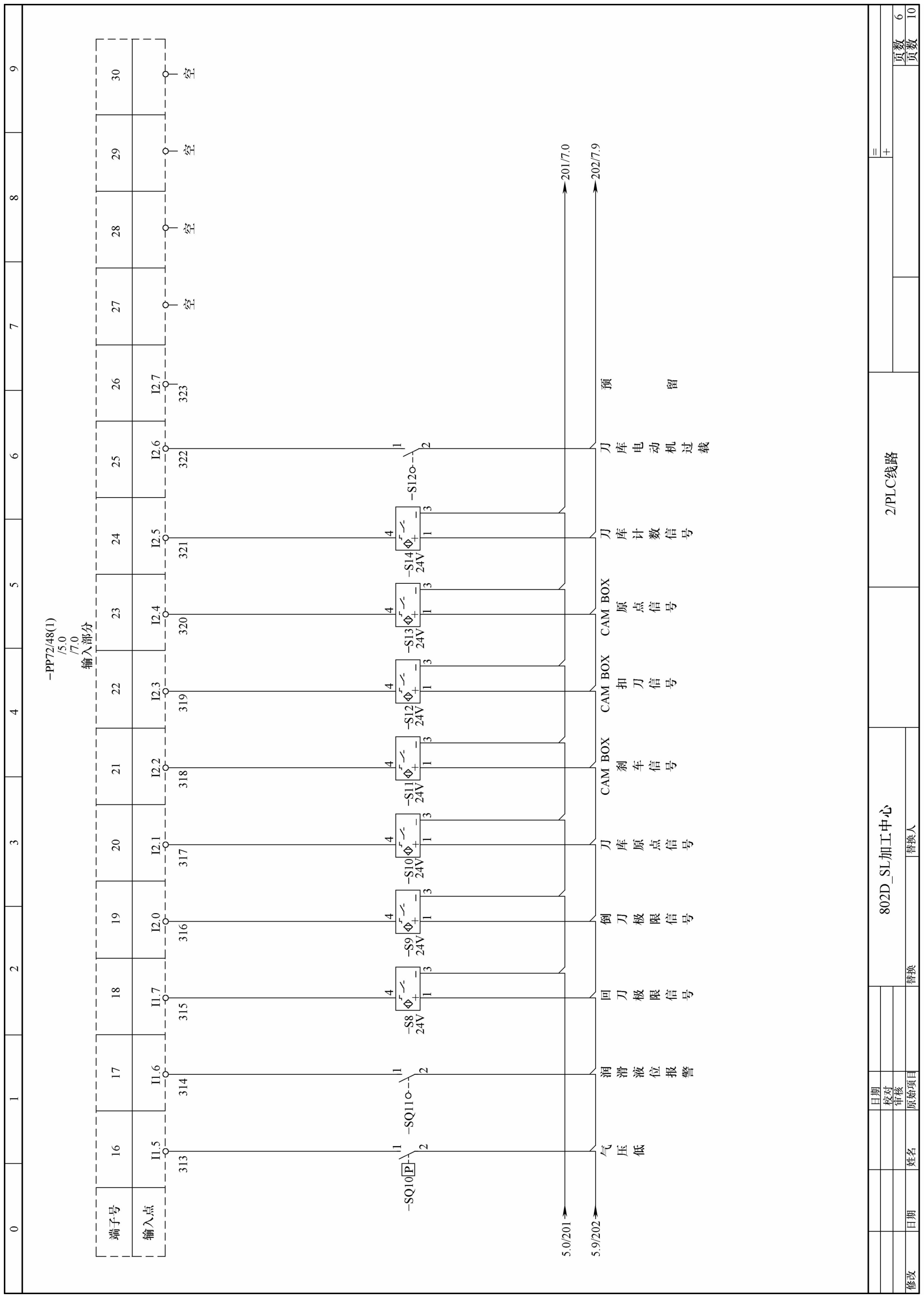


图6-2 802D sl加工中心电气控制(续五)

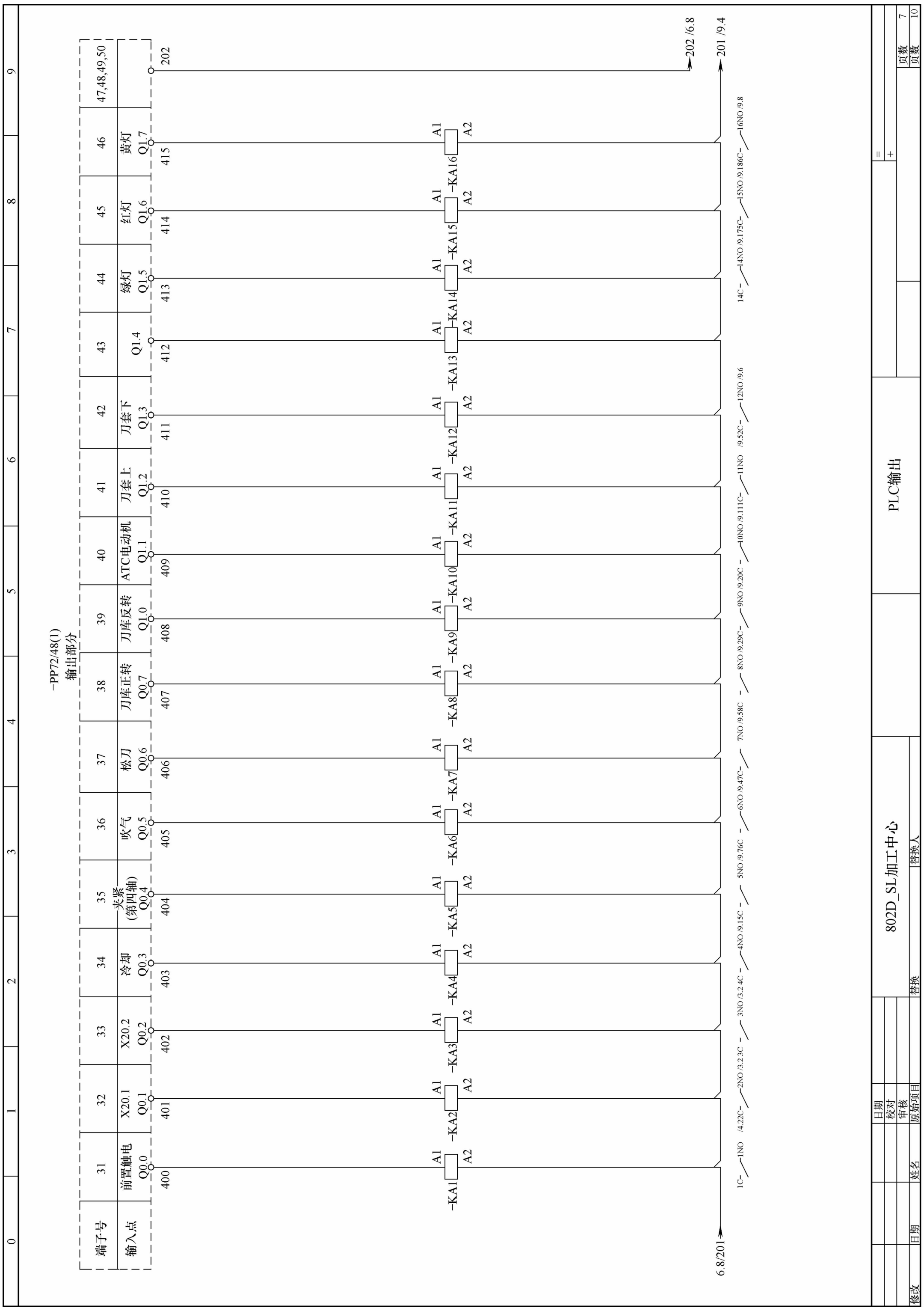


图6-2 802D sl加工中心电气控制(续六)

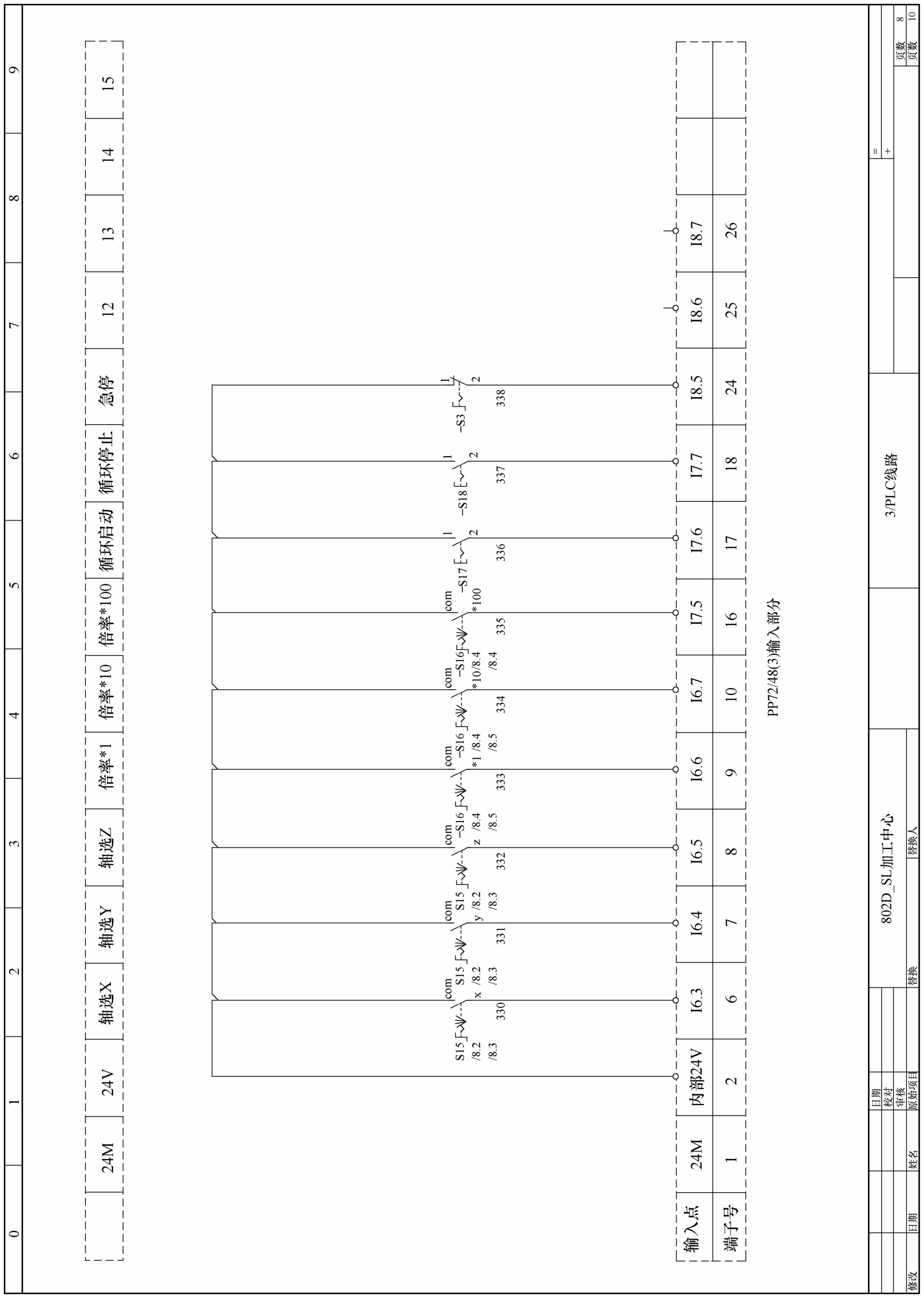


图6-2 802D sl加工中心电气控制(续七)

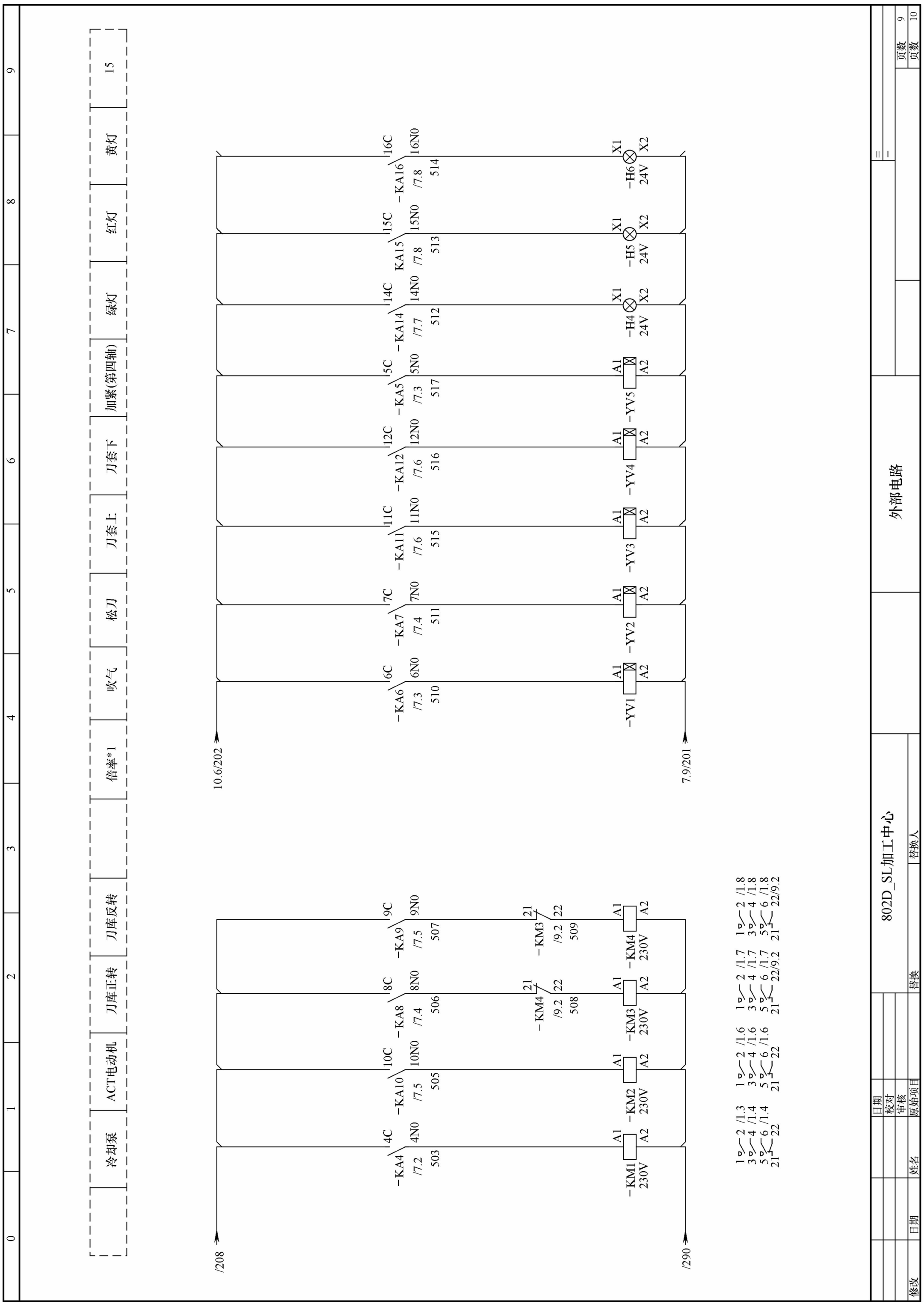


图6-2　802D sl加工中心电气控制(续八)

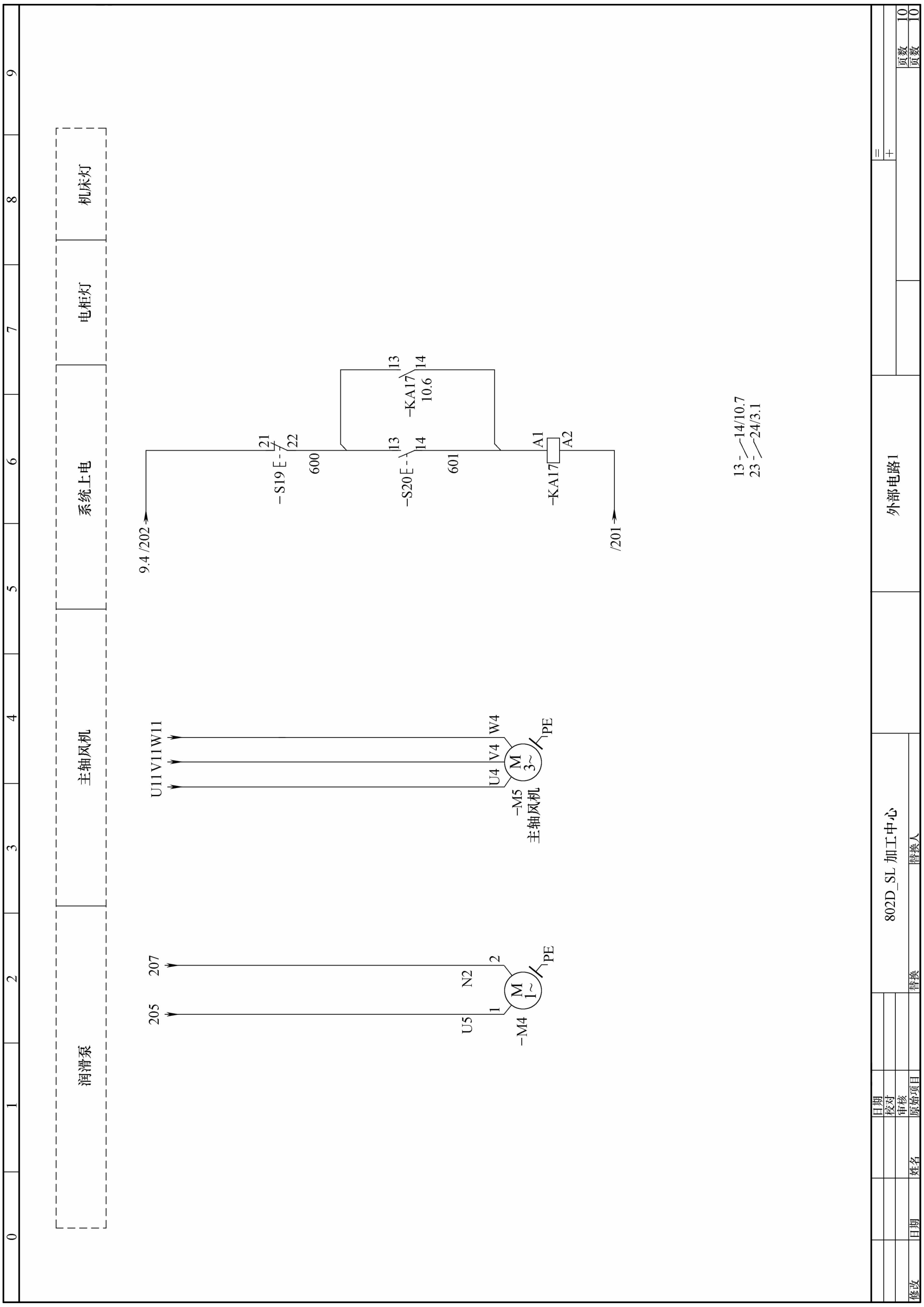


图6-2 802D sl加工中心电气控制(续九)

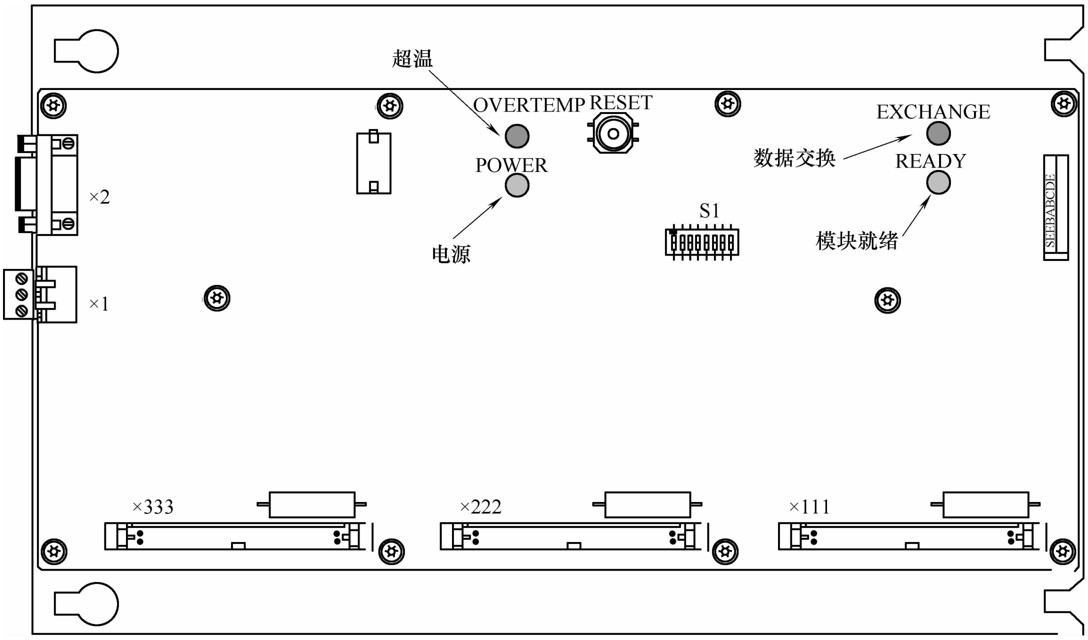


图 6-3　PP72/48 模块的具体说明

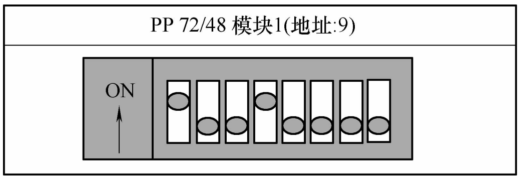


图 6-4　S1 地址二进制设置（从左到右，左为低位 0，右为高位 7）

表 6-1　PP72/48 模块输入/输出信号的逻辑地址和接口端子号的对应关系

端子	X111	X222	X333	端子	X111	X222	X333
1	数字输入公共端 DC 0V			2	DC 24V 输出		
3	I0.0	I3.0	I6.0	4	I0.1	I3.1	I6.1
5	I0.2	I3.2	I6.2	6	I0.3	I3.3	I6.3
7	I0.4	I3.4	I6.4	8	I0.5	I3.5	I6.5
9	I0.6	I3.6	I6.6	10	I0.7	I3.7	I6.7
11	I1.0	I4.0	I7.0	12	I1.1	I4.1	I7.1
13	I1.2	I4.2	I7.2	14	I1.3	I4.3	I7.3
15	I1.4	I4.4	I7.4	16	I1.5	I4.5	I7.5
17	I1.6	I4.6	I7.6	18	I1.7	I4.7	I7.7
19	I2.0	I5.0	I8.0	20	I2.1	I5.1	I8.1
21	I2.2	I5.2	I8.2	22	I2.3	I5.3	I8.3
23	I2.4	I5.4	I8.4	24	I2.5	I5.5	I8.5

（续）

端子	X111	X222	X333	端子	X111	X222	X333
25	I2.6	I5.6	I8.6	26	I2.7	I5.7	I8.7
27,29	无定义			28,30	无定义		
31	Q0.0	Q2.0	Q4.0	32	Q0.1	Q2.1	Q4.1
33	Q0.2	Q2.2	Q4.2	34	Q0.3	Q2.3	Q4.3
35	Q.4	Q2.4	Q4.4	36	Q0.5	Q2.5	Q4.5
37	Q0.6	Q2.6	Q4.6	38	Q0.7	Q2.7	Q4.7
39	Q1.0	Q3.0	Q5.0	40	Q1.1	Q3.1	Q5.1
41	Q1.2	Q3.2	Q5.2	42	Q1.3	Q3.3	Q5.3
43	Q1.4	Q3.4	Q5.4	44	Q1.5	Q3.5	Q5.5
45	Q1.6	Q3.6	Q5.6	46	Q1.7	Q3.7	Q5.7
47,49	数字输出公共端 DC 24V			48,50	数字输出公共端 DC 24V		

3）驱动器的电源模块和电动机模块上的指示灯。READY：桔色正常，表示驱动器未设置；红色故障。若无指示灯亮，则表示无外部直流电源 DC 24V 供电。

3. 系统初始化

为了简化 802D sl 数控系统的调试，在 802D sl 的工具盒中提供了车床、铣床等的初始化文件。初始化的方法是利用工具软件 RCS 802 或 CF 卡将所需的初始化文件传入 802D sl 系统。

1）从 WINDOWS 的“开始”中找到通信工具软件 RCS 802，启动并建立在线连接（见图 6-5）。

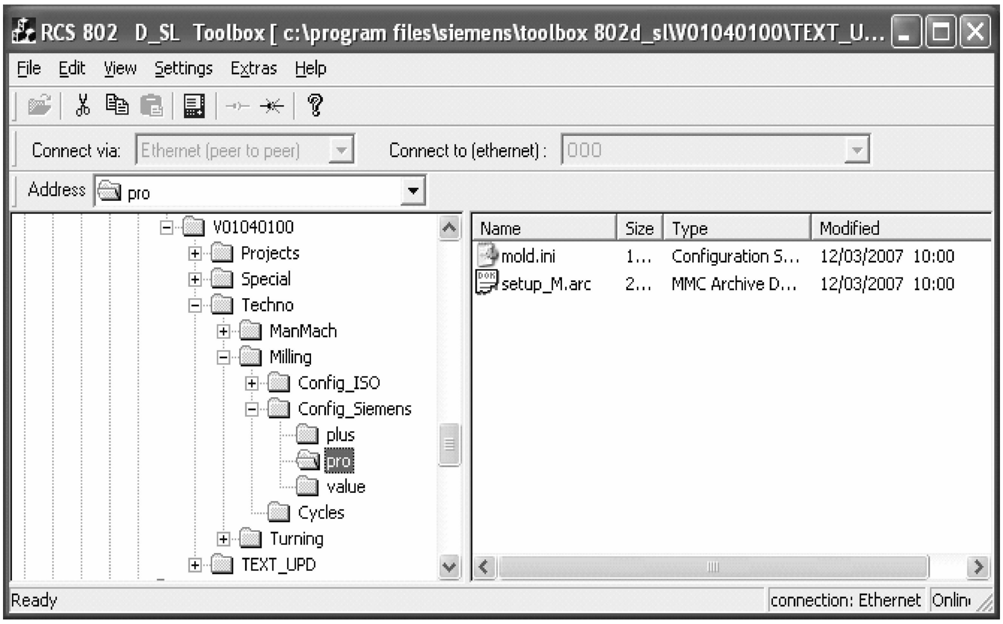


图 6-5　RCS802 界面

2）利用 RCS 浏览器在计算机上找到初始化文件，利用鼠标右键选择 COPY 或 Ctrl + C。

3）在“Control 802D”中选择“Start-up archive（NC/PLC）”，用鼠标右键选 Paste 或按 Ctrl + V 复制该文件。

4）CNC 断电、上电后初始化文件生效。

4. 802D sl 基本参数设定

（1）总线配置

SINUMERIK802D sl 是通过现场总线 PROFIBUS 对外设模块（如驱动器和输入/输出模块等）进行配置的，PROFIBUS 的配置是通过通用参数 MD11240 来确定的（见表 6-2）。

表 6-2　参数 MD11240 说明

数据号	数据名	单位	值	数据说明
11240	PROFIBUS _ SDB _ NUMBER[0]	-	0	选择总线配置数据块 SDB
11240	PROFIBUS _ SDB _ NUMBER[1]	-	-1	选择总线配置数据块 SDB
11240	PROFIBUS _ SDB _ NUMBER[2]	-	0	选择总线配置数据块 SDB
11240	PROFIBUS _ SDB _ NUMBER[3]	-	-1	选择总线配置数据块 SDB

（2）驱动器模块定位

数控系统与驱动器之间通过总线连接，系统根据下列参数与驱动器建立物理联系（见表 6-3）。

表 6-3　与驱动器建立物理联系的参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
30110	CTRLOUT _ MODULE _ NR[0]	-	*	定义速度给定端口(轴号)
30220	ENC _ MODULE _ NR[0]	-	*	定义位置反馈端口(轴号)

需要注意的是，轴号与驱动总线 DRIVE CLiQ 的连接次序相关：

1）对于配置非调节电源模块 SLM 和 AC/AC 模块式驱动器组成的系统，由 802D sl 驱动接口 X1 连接到的第一个电动机模块的轴号为 1，且以此类推。

2）对于配置调节电源模块 ALM，802D sl 驱动接口 X1 连接到电源模块 ALM 的 X200，由 ALM 的 X201 引出的驱动总线连接到的第一个电动机模块的轴号为 1，且以此类推。

（3）传动系统参数配置

传动系统的参数决定了这个坐标轴的实际移动量（见表 6-4）。

表 6-4　传动系统的参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
31030	LEADSCREW _ PITCH	mm	*	丝杠螺距
31050	DRIVE _ AX _ RATIO _ DENUM[0…5]	-	*	电动机端齿轮齿数(减速比分子)
31060	DRIVE _ AX _ RATIO _ NOMERA[0…5]	-	*	丝杠端齿轮齿数(减速比分母)

对于主轴，索引号为［0］的减速比分子和分母均无效。索引号［1］表示主轴第一档的减速比，［2］表示主轴第二档的减速比，依此类推。对于进给轴，减速比应设定在索引

号［0］。

（4）位置控制使能

系统出厂设定各轴均为仿真轴，既系统不产生指令输出给驱动器，也不读电动机的位置信号。按表 6-5 设定参数可激活该轴的位置控制器，使坐标轴进入正常工作状态。

表 6-5　位置控制使能参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
30130	CTRLOUT _ TYPE	-	1	控制给定输出类型
30240	ENC _ TYPE	-	1	编码器反馈类型

此时如果该坐标轴的运动方向与机床定义的运动方向不一致，则可通过表 6-6 所示参数修改。

表 6-6　电动机正反转参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
32100	AX _ MOTION _ DIR	-	1 -1	电动机正转（出厂设定） 电动机反转

（5）驱动器参数优化（速度环和电流环参数）

驱动器的参数优化可通过驱动器调试工具进行，可以参考本书第 4 讲。

（6）坐标速度和加速度（见表 6-7）

表 6-7　坐标速度和加速度参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
32000	MAX _ AX _ VELO	mm/min	*	最高轴速度
32010	JOG _ VELO _ RAPID	mm/min	*	点动快速
32020	JOG _ VELO	mm/min	*	点动速度
36200	AX _ VELO _ LIMIT	mm/min	*	坐标轴速度限制
注意：MD36200 应比 MD32000 大 10%。				
数据号	数据名	单位	值	数据说明
32300	MAX _ AX _ ACCEL	mm/s^2	*	最大加速度（标准值：$1m/s^2$）

（7）位置环增益（见表 6-8）

表 6-8　位置环增益参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
32200	POSCTRL _ GAIN	-	*	位置环增益（标准值：1）

位置环的增益影响传动系统的位置跟随误差。在设定该参数时，应根据各轴传动系统的实际位置精度综合调整。

（8）返回参考点相关的机床数据

参考点撞块的长度要根据 MD34020 定义的速度确定（见表 6-9），既要求在该速度下碰到撞块后减速到“0”速时，坐标轴能停在撞块之上（不能冲过撞块）。

表 6-9　返回参考点相关的机床数据

数据号	数据名	单位	值	数据说明
34010	REFP _ CAM _ DIR _ IS _ MINUS	-	0/1	返回参考点方向;0 - 正;1—负
34020	REFP _ VELO _ SEARCH _ CAM	mm/min	*	检测参考点开关的速度
34040	REFP _ VELO _ SEARCH _ MARKER	mm/min	*	检测零脉冲的速度
34050	REFP _ SEARCH _ MARKER _ REVERSE	-	0/1	寻找零脉冲方向;0 - 正;1 - 负
34060	REFP _ MAX _ MARKER _ DIST	mm	*	检测参考点开关的最大距离
34070	REFP _ VELO _ POS	mm/min	*	返回参考点定位速度
34080	REFP _ MOVE _ DIST	mm	*	参考点移动距离(带符号)
34090	REFP _ MOVE _ DIST _ CORR	mm	*	参考点移动距离修正量
34092	REFP _ CAM _ SHIFT	mm	*	参考点撞块电子偏移
34093	REFP _ CAM _ MARKER _ DIST	mm	*	脱开撞块到第一个零脉冲的距离
34100	REFP _ SET _ POS	mm	*	参考点(相对机床坐标系)位置

返回参考点的操作：进入“参考点方式”；按住返回参考点轴的“方向”键，直到屏幕上出现参考点到达的标志。

802D 系统可以按触发方式返回参考点，但要求按照图 6-6 安装参考点撞块。以保证返回参考点前坐标不会停在参考点撞块和硬限位撞块之间。

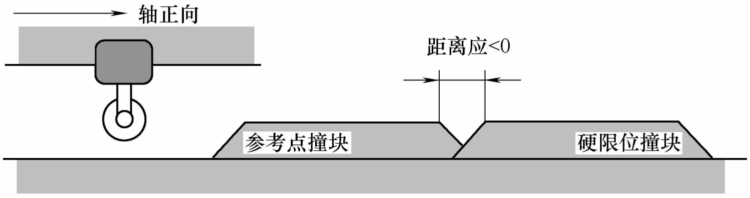


图 6-6　安装参考点撞块

如果参考点撞块与硬限位撞块之间能保证上述位置关系，可通过参数将返回参考点设置（见表 6-10）为触发方式：点一下“方向”键，即可自动返回参考点。该参数必须在专家口令“SUNRISE”下修改，修改完后必须恢复制造商口令“EVENING”。

表 6-10　触发方式参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
11300	JOG INC _ MODE _ LEVELTRIGGRD	-	0	返回参考点触发方式

（9）软限位（见表 6-11）

表 6-11　软限位参数

数据号	数据名	单位	值	数据说明
36100	POS _ LIMIT _ MINUS	mm	*	负向软限位
36110	POS _ LIMIT _ PLUS	mm	*	正向软限位

（10）反向间隙补偿（见表6-12）

表6-12　反向间隙补偿

数据号	数据名	单位	值	数据说明
32450	BACKLASH	mm	*	反向间隙，回参考点后补偿生效

（11）丝杠螺距误差补偿（见表6-13）

表6-13　丝杠螺距误差补偿

数据号	数据名	单位	值	数据说明
38000	MM _ ENC _ COMP _ MAX _ POINTS	-	125	最大补偿点数

（12）设定用户的数据保护级

802D sl 系统对用户数据定义了保护级。用户数据包括：刀具数据、零点偏移、设定数据、R 参数、加工程序和 RS232 参数的设定。

5. PLC 程序的设计与调试

在西门子数控 CD 盘工具盒（Tool box）中配备了“PLC802 文件库”，其中包含了子程序库，并且给标准的车床和铣床分别配置了编程实例，因此，使用起来更得心应手。

由于本次加工中心类似标准铣床，在应用过程中只需对其铣床的编程实例做一些简单地修改和扩展即可完成所需要的 PLC 程序。在子程序中，根据不同功能分别进行了定义，主要包括 PLC-INI（系统初始化）、EMG-STOP（急停处理）、MCP-802D（传送控制面板的 I/O 状态到接口）、AXES-CTL（各坐标轴控制）、LUBRICAT（定时、定量润滑控制）、COOLING（冷却控制）等。图6-7所示为加工中心的 PLC 设计流程。

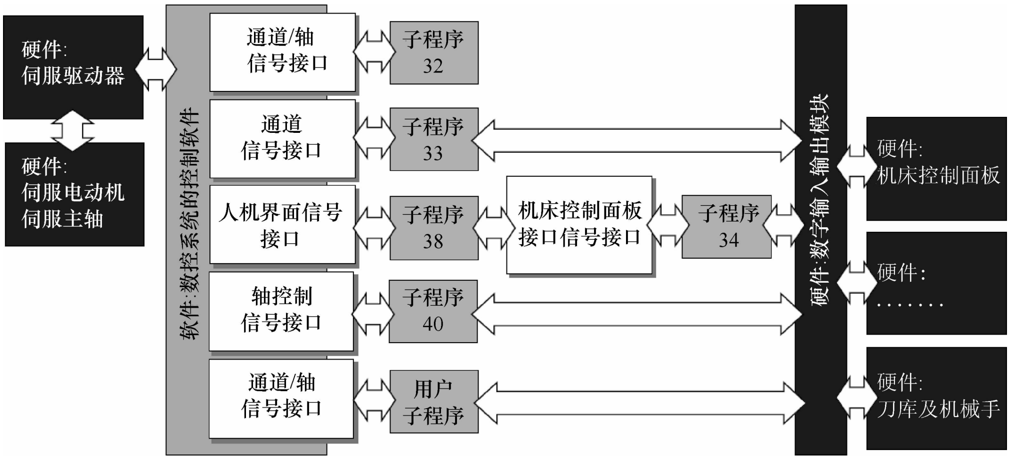


图6-7　加工中心的 PLC 设计流程

6. 刀库的控制

加工中心基本上利用了西门子公司提供的适用于 802D 数控系统的模块化 PLC 子程序库。模块化 PLC 机床控制程序库是采用局域变量参数的方法编制而成的。其优点在于设计机床电气控制前期不受输入/输出地址的限制，可以比较灵活地定义输入/输出地址。系统根

据机床功能要求，灵活地选用了所需的 PLC 机床控制子程序，较顺利地实现了对整机的 PLC 控制。尤其是较顺利地实现了链式刀库随机换刀的自动控制。

刀库随机换刀的自动控制包括 PLC 程序和 NC 换刀子程序两部分。其基本原理是：

Txx 代码激活刀库控制固定循环程序 MGZ。MGZ 根据编程刀具号计算出该刀具所在的刀套位置，并就近确定其旋转的方向。位置和方向通过辅助功能 H1（带符号的符点数）送到 PLC。由 PLC 程序控制刀库按就近方向转动到编程刀具所在的位置等待换刀。

M06 启动换刀固定循环程序 TOOL。TOOL 控制各坐标加入换刀位置，并启动机械手换刀动作。换刀完成后，激活刷新刀具参数。

表 6-14 所示为刀套表在初始化后的刀套次序以及 M06 启动后的情况。图 6-8 为子程序 49 - MGZ _ INI（刀套表初始化）。

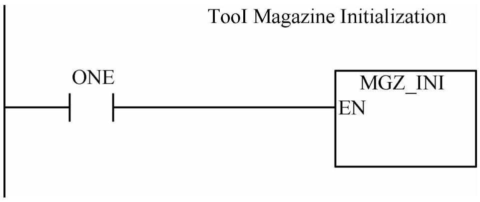


图 6-8　子程序 49 - MGZ _ INI（刀套表初始化）

表 6-14　换刀程序对应刀套情况

刀具在	刀套表	初始化后	T5 M06	T8 M06	T16 M6	T0 M06	T15 M06	T10 M06
SPINDLE	VB14000000	0	5	8	16	0	15	10
刀套 1	VB14000001	1	1	1	1	1	1	1
刀套 2	VB14000002	2	2	2	2	2	2	2
刀套 3	VB14000003	3	3	3	3	3	3	3
刀套 4	VB14000004	4	4	4	4	4	4	4
刀套 5	VB14000005	5	0	0	0	16	16	16
刀套 6	VB14000006	6	6	6	6	6	6	6
刀套 7	VB14000007	7	7	7	7	7	7	7
刀套 8	VB14000008	8	8	5	5	5	5	5
刀套 9	VB14000009	9	9	9	9	9	9	9
刀套 10	VB14000010	10	10	10	10	10	10	15
刀套 11	VB14000011	11	11	11	11	11	11	11
刀套 12	VB14000012	12	12	12	12	12	12	12
刀套 13	VB14000013	13	13	13	13	13	13	13
刀套 14	VB14000014	14	14	14	14	14	14	14
刀套 15	VB14000015	15	15	15	15	15	0	0
刀套 16	VB14000016	16	16	16	8	8	8	8

利用程序段中的“M6”调用循环程序的实例如下：

```
% _ N _ TOOL _ SPF ；> > > 用户循环名称 < < <
;$ PATH =/_ N _ CUS _ DIR ；> > >用户循环路径 < < <
PROC TOOL SAVE DISPLOF ；> > >用户循环定义 < < <
IF $ P _ ISTEST GOTOF _ END ;在程序测试状态下,换刀循环可不执行
```

```
IF $P_SEARCHL>0_END ;在程序搜索时,换刀循环可不执行
IF $P_TOOLNO==$P_TOOLP GOTOF _NO ;如果编程刀具等于当前刀具，无换刀动作
G500 D0 ;取消零点偏移，取消刀具补偿
G75 Z=0 ;Z 轴进入固定点(换刀点)
SPOS=$MN_USER_DATA_FLOAT[0];主轴准停位置存在机床数据 MD14514[0]
MSG("换刀开始＊＊＊原刀具号：T" <<$P_TOOLNO);显示最多127 个字符
;>>>主轴定向后可利用自定义 M 代码启动 PLC 换刀逻辑
;>>>PLC 将"读入禁止"(V32000006.1)置位，使该固定循环停止
;>>>PLC 控制刀库和机械手动作
;>>>换刀完成后，PLC 将"读入禁止"复位，使该固定循环继续执行
M206 ;激活刀具参数
STOPRE ;程序译码停止
G153 G01 Z0 F2000 ;G153 取消基本偏移(非模态)
MSG("换刀开始 ＊＊＊ 新刀具号：T" <<$P_TOOLP)
GOTOF _END
_NO：
MSG("无换刀动作 ＊＊＊ 原因：编程刀具号=主轴刀具号")
_END：
M17 ;>>>固定循环结束<<<
```

6.2 使用 WINPCIN 进行数据下载

6.2.1 下载并安装 WINPCIN 软件

当前市场上的 DNC 软件有多种，西门子公司的 NC 通信软件得到了广大使用者的认可。该软件有 PCIN 和 WINPCIN 两种版本，PCIN 是基于 MS-DOS 版本下的软件，而 WINPCIN 是基于 WINDOWS 操作系统下的软件。这两种软件从使用方便的角度相比，WINPCIN 的 Windows 界面更易于初学者使用。

WINPCIN 是西门子公司开发的一款用于在计算机与西门子数控系统之间进行数据传输的软件。可传输的数据类型包括：机床的初始化文件、零件加工程序以及机床数据等内容。目前 WINPCIN 支持西门子的 801、802 C/S、802D、810D、840D 系统等与计算机间的数据传输。

该软件在随数控机床提供的工具盒（Toolbox）中。西门子（中国）有限公司自动化与驱动集团在互联网上也提供该软件的免费下载。

WinPCIN Ver. 1.2.0 官方下载地址：

http：//www.ad.siemens.com.cn/download/Soft/00002/winpcin.zip

6.2.2 WINPCIN 的安装步骤（使用 Toolbox 光盘安装）

步骤 1：将工具软件光盘“Toolbox”放入计算机。工具软件光盘“Toolbox”需要在

Windows XP 系统下安装，安装该工具光盘需 1M 以上的硬盘空间。

步骤 2：打开文件夹“802D _ Toolbox Vxxxxxx”（Vxxxxxx 为工具软件 Toolbox 的版本号）。

步骤 3：运行程序“setup. exe”（见图 6-9）。

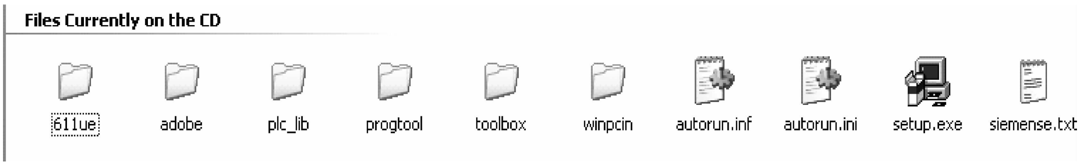


图 6-9　工具盒文件列表

步骤 4：程序运行后点击按键“Next”。

步骤 5：出现产品介绍的相关信息栏后，点击“Yes”。

步骤 6：通过鼠标选择需要安装的软件，如“WINPCIN”项目，点击“Next”，如图 6-10 所示。

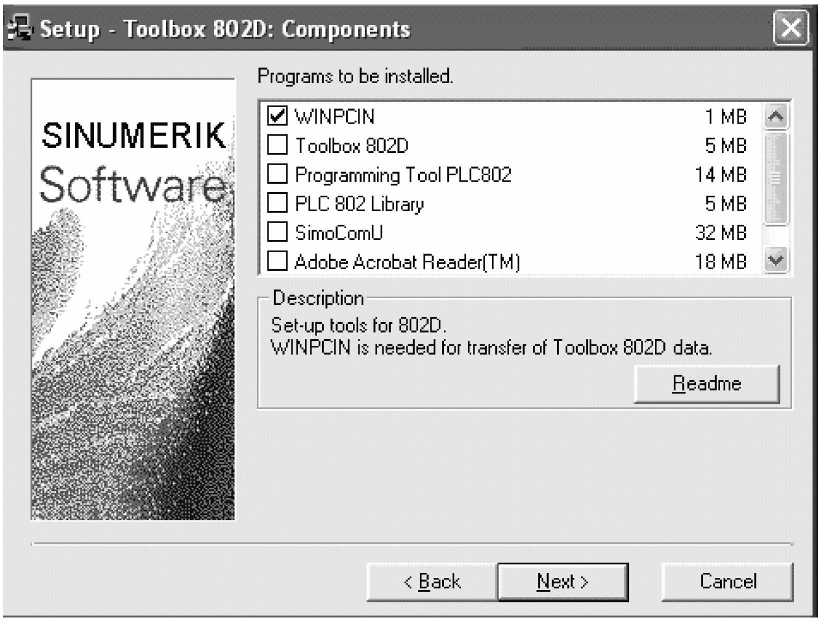


图 6-10　选择 WINPCIN 项目

步骤 7：软件开始进行安装准备，出现版权确认的相关信息后，点击“Yes”进行下一步操作。

步骤 8：点击”browse（浏览）”选择程序安装的目标文件夹，完成路径选择（见图 6-11）后点“OK”确认。点击“Next”进行下一步操作。

步骤 9：通过点击“Next”，对安装路径及安装的软件进行确认，如图 6-12 所示。

步骤 10：开始对所选定的软件进行安装。

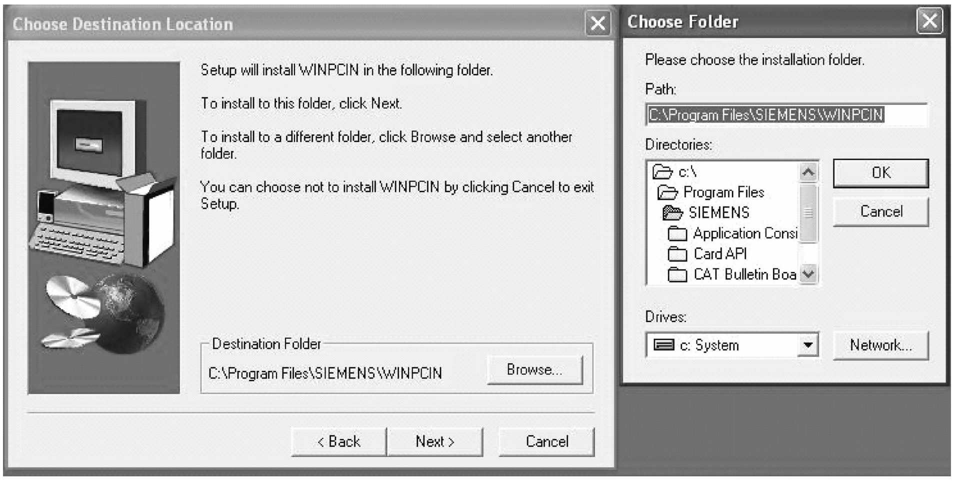


图 6-11 选择安装路径

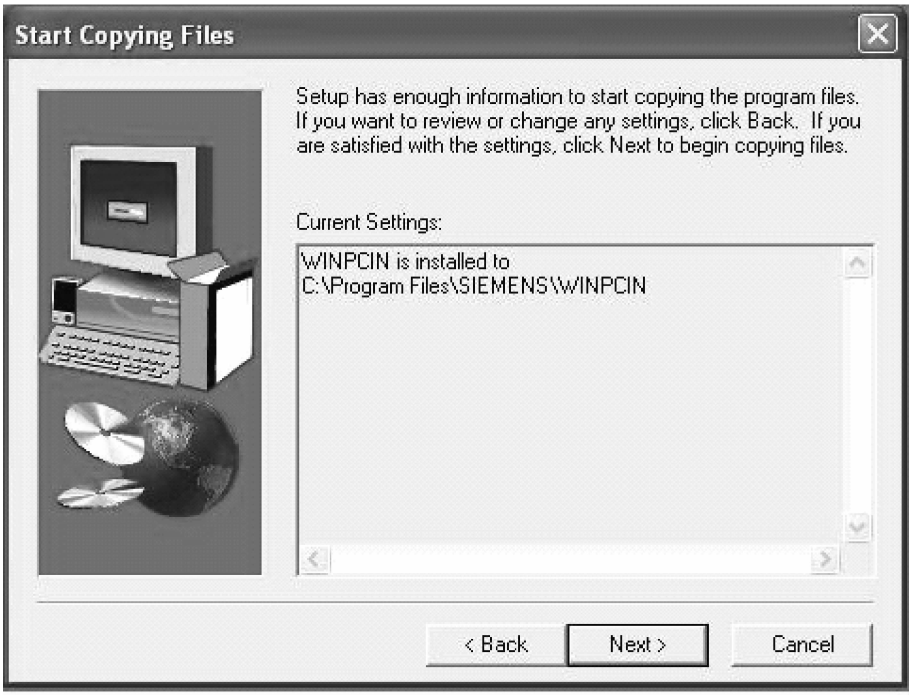


图 6-12 对安装路径及软件进行确认

步骤 11：选定的程序安装完成后，系统出现显示界面如图 6-13 所示。点击“Finish”结束安装。

6.2.3 硬件连接

硬件连接是否正确是实现程序文件传输的最重要的环节之一。硬件连接应在数控机床或计算机断电的情况下进行，并使用带有光电隔离接口的通信接口板。

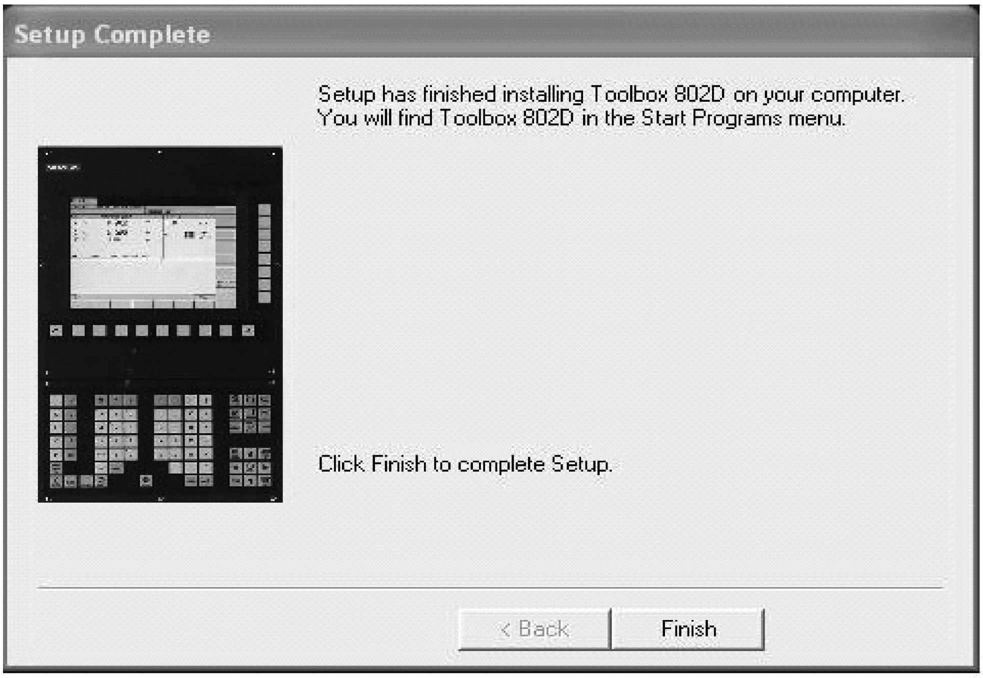


图 6-13　程序安装完成

1）在使用西门子 802D 系统传输零件程序前，需要使用串口电缆连接计算机和数控系统的 COM1 口（见图 6-14），不要使用 COM2 口。

2）数据线连接。传输 NC 程序文件所必须准备的数据线（与第 2 讲 PLC802 通信线相同），一端连接到计算机端口，另一端连接到控制系统端口。两端的芯口有两种：一种是针口，常用的有 9 针和 25 针两种；另一种是孔口，常用的有 9 孔和 25 孔两种。802D 应当使用 9 孔的串口电缆。

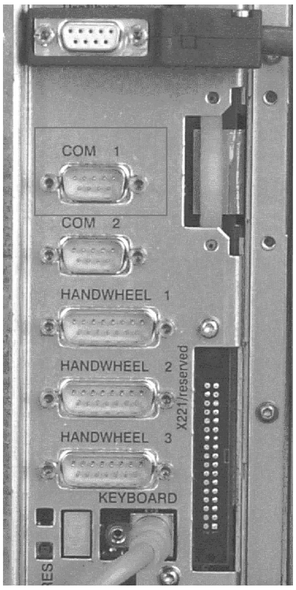


图 6-14　COM1 口

6.2.4　传输协议参数设置

完成了计算机与控制系统的硬件连接后，紧跟着要进行传输协议参数设置。参数设置分为两部分：一部分是传输软件（即计算机）侧的参数设置；另一部分是控制系统侧的参数设置。

1. 传输协议参数说明

传输协议参数中可修改的参数包括：端口号、通信速率、数据位、校验方式、停止位。端口号、通信速率、数据位、校验方式、停止位用来控制通信的过程，必须与机床上的参数一致，才能确保通信正常进行。其中：

端口号：表示数控系统与计算机通过哪个端口来连接。

串口号：COM1，COM2 等（默认值为 COM1）。

通信波特率：默认值为 19200。

可选择的波特率（bit/s）：300，1200，2400，9600，19200，38400，57600，115200。

2. 通信软件传输协议参数设置

WINPCIN 软件安装完成后点击图标 Winpcin.lnk 启动软件，软件主界面如图 6-15 所示。

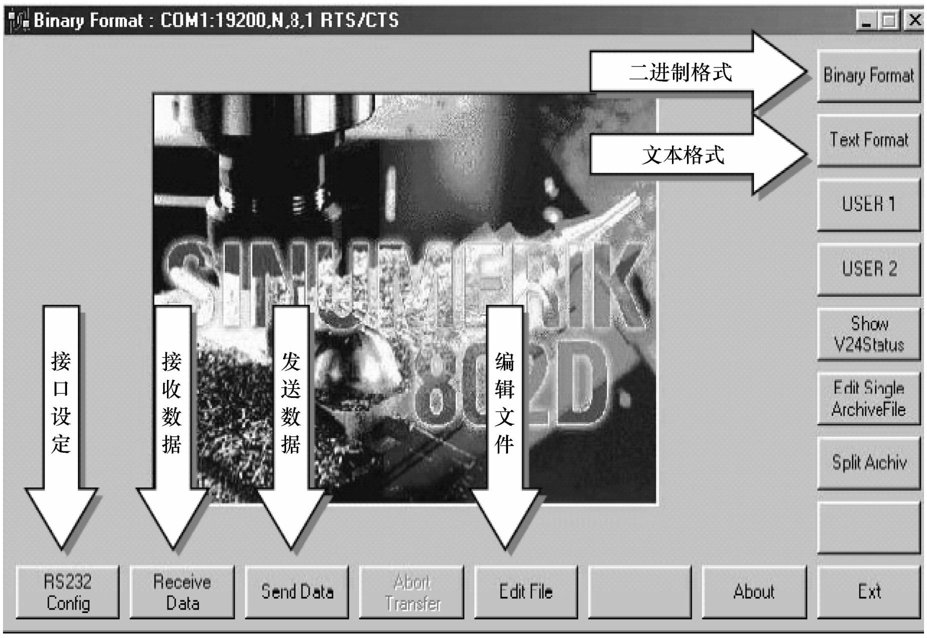


图 6-15 WINPCIN 主界面

（1）进入 WINPCIN 传输参数设定界面（RS232 Config）

需要设定的内容有（见图 6-16）：

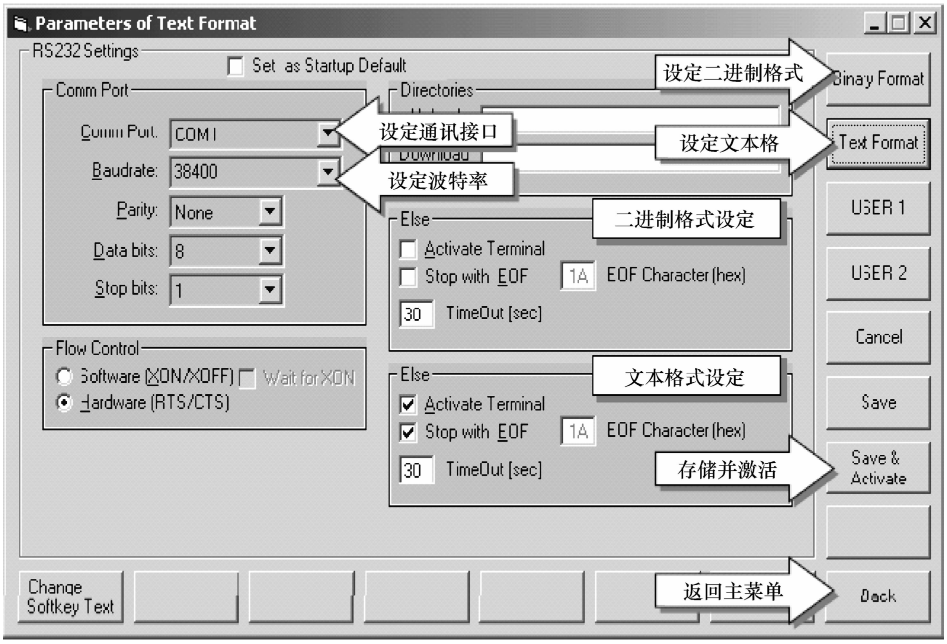


图 6-16 参数设定界面

Comm port：通信接口，选择 COM1。

Baudrate：波特率，一般选择 9600 或 19200，根据传输数据的可靠性决定。

Parity \ Data bits \ Stop bits 等信息保持默认设定即可。

选择数据传输的格式有文本和二进制两种，对于零件程序的传输需要选择文本格式（Text Format）。

为了避免每次进入该软件总是要进行参数修改，可点击鼠标将☑ set as Startup Default 项置为有效。

参数设定完毕后，用鼠标左键单击界面右边的“Save&Activate”保存并激活参数。最后点击“back”（返回主菜单）回到软件主界面。

（2）数控机床 802D 系统传输参数的设置

机床控制系统的参数设置工作可按照下面步骤进行：

1）同时按住键盘上的 ALT + N 键，出现如图 6-17 所示的界面。

图 6-17　系统数据入/出界面

2）点击 Data I/O（数据入/出），系统数据选择界面如图 6-18 所示。

3）点击 RS232 设置，设置通信接口。

4）设定传输的波特率（baud rate），应同传输软件中的传输速率一致（使用机床控制面板上的 SELECT 键切换波特率）。

5）设定文件传输格式为文本格式（Text Format），如图 6-19 所示。

6）按 存储（save）存储设置结果。

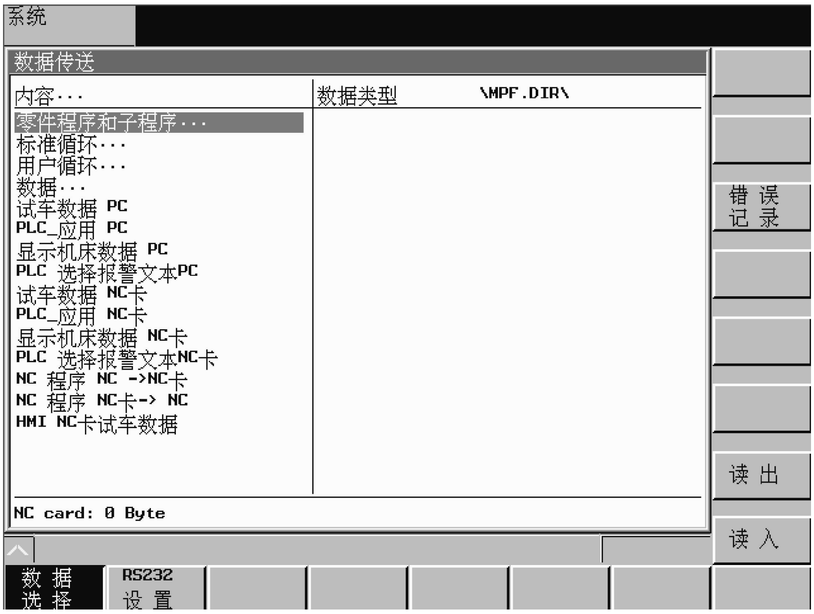


图 6-18 系统数据选择界面

图 6-19 传送文件格式和波特率选择

6.2.5 NC 程序的传输

在工作中有许多程序不方便在机床上编制，要将计算机中准备好的程序发送到机床中，或者将机床中的程序文件下载到计算机中进行备份。发送/接收数据时本着数控系统和计算机两侧“哪侧先接收数据，哪侧先做好接收准备”的原则，即：数控系统要接收数据时，

数控系统侧要先做好接收准备，计算机要接收数据时，计算机要先做好接收准备。下面介绍的是在计算机一方进行零件程序的发送与接收的步骤。

1. 计算机向机床发送程序

1）数控机床先做好接收加工文件的准备，点击系统面板上的按键 PROGRAM MANAGER 将系统界面切换到如图 6-20 所示。在文件管理界面下按下 读 入 。

图 6-20 加工程序文件传入

2）计算机启动 WINPCIN 软件，并做好传输参数的设置。

3）在计算机中选择需要传输的 NC 程序。

点击 Send Data （数据发送），如图 6-21 所示。弹出以下对话框，在保存加工文件的路径下选取要传送的加工程序名称，点击“打开”（见图 6-22），即可完成文件传送工作。

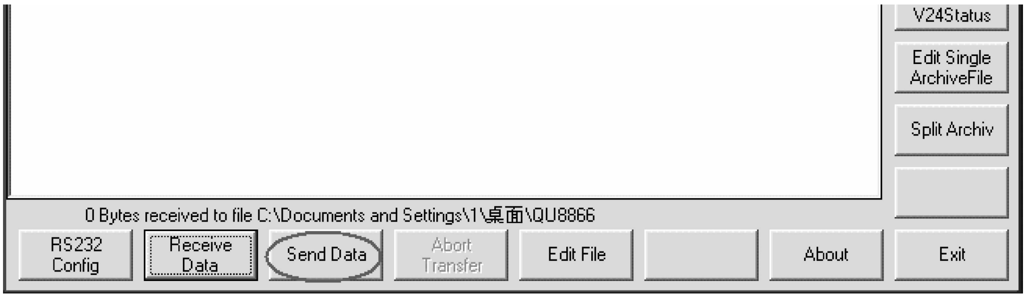


图 6-21 计算机一侧发送文件

图 6-22 发送文件选定

这时可以在计算机屏幕下方和数控系统侧看到加工文件传送的进度，如图 6-23 和图 6-24 所示。当加工文件传送正确，应在机床系统的文件管理界面下看到所传送的程序名，并可以将其打开进行查验，确定整个文件的正确与完整。

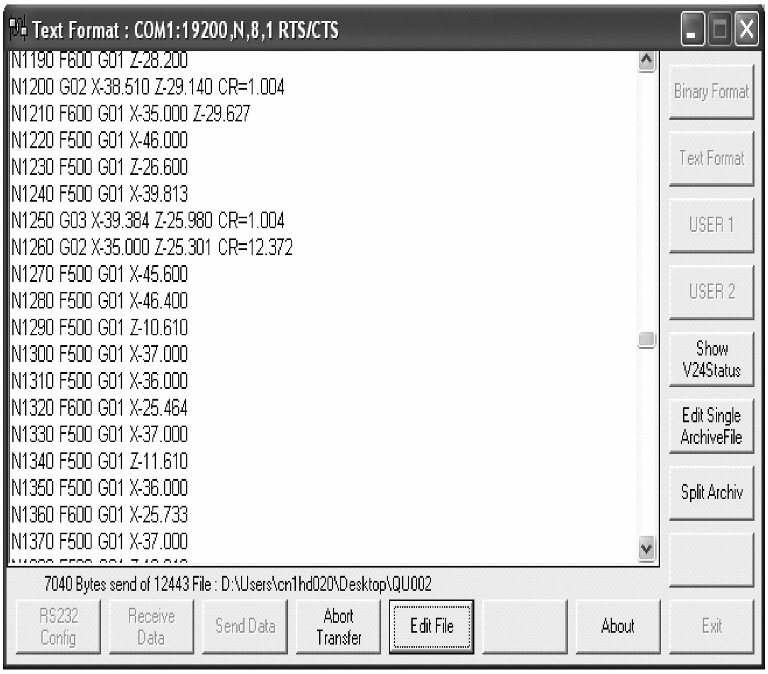


图 6-23 文件传送过程

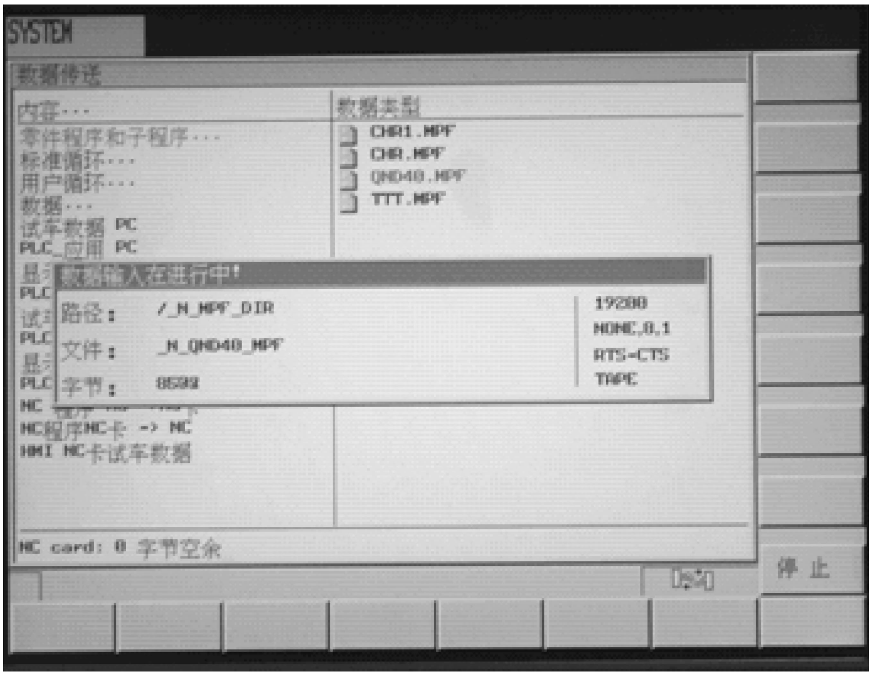


图 6-24　数控机床屏幕上的传送过程显示

注意：在所传送的 NC 程序中，NC 程序的文件开头格式必须有符合西门子系统的文件名以及存储地址路径。NC 程序的名称可与计算机中的 NC 程序文件的名称一致，也可以不一致。点击软件下面菜单中的“Edit File”（编辑文件），如图 6-25 所示。选中所要编辑的文件并打开，将显示类似以下的内容，如图 6-26 所示。

图 6-25　选择编辑工作方式

在图 6-26 所示的程序文本中画下划线的程序行，应在加工程序上传前必须依格式写入。从数控机床下载到计算机的加工程序文件中自带这两个程序行。

802D 系统中加工程序文件存储地址路径规定为 3 个：

MPF：把文件放入到程序中。该地址是存放 NC 加工程序文件的。

CST：把文件放入到循环中，一般不用。该地址是存放铣床系统固定循环子程序的。

CUS：把文件放入到用户循环中。该地址是存放用户自己编写的子程序文件的。

在实际的传送文件的文件头中，只要对应所要传送文件的性质，对照其地址，把上述 3 个辅助名称分别填写在下面文件格式中涂有阴影的位置上即可。

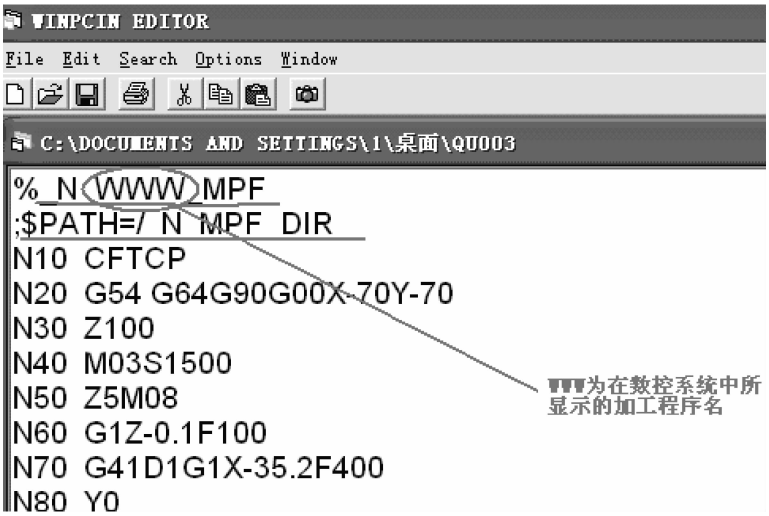


图 6-26　传送文件格式

2. 数控机床向计算机下载程序

1）打开 WINPCIN 界面，并单击软件下面菜单中的 Receive Data （接收数据），如图 6-27 所示。

图 6-27　选择接收程序

2）此时将弹出一个对话框，选择加工程序文件保存路径，在图 6-28 中的“文件名”处填写所要保存的 NC 文件的名字（此文件名可与机床中的程序名不一样），并保存。

3）数控系统已经设定传输参数（同计算机设定参数一致）。在程序管理界面中找到要下载的加工程序名，按下 读出 ，再点击 启动 ，该文件即可传送到计算机中指定的路径下。

图 6-28　填写所要保存的 NC 文件的名字

4）计算机接收到的传送文件可以“记事本”或“写字板”方式打开。

数控系统在程序传输过程中可能会出现表 6-15 所示的信息提示。

表 6-15　信息提示

OK	传送结束，没有出错
ERR EOF	接收到文本结束字符，但存档文件不完整
Time Out	事件监控报警传送中断
User Abort	通过按“停止”键中断传送
Error Com	端口 COM1 出错
NC/PLC Error	NC 故障报警
Error Data	数据出错 1）文件读入时带/不带先导符 2）穿孔带形式传送的文件没有文件名
Error File Name	文件名不符合 NC 规范

6.3　西门子 802 系列进给轴伺服的优化

6.3.1　概述

对于 802C 或 802D 的进给来说，首先是对速度环的增益和积分时间等动态特性进行调试，然后对位置环进行调试，其中速度环动态特性的优化是由 SimoComU 软件完成的（其驱动器为 611U 或 611UE 或 611D）。

速度环优化就是对伺服电动机动态特性的优化，输入电动机的型号及所带编码器的规格

后，SimoComU 自动进行参数的优化计算，优化的效果是与电动机和机械传动装置的连接方式有关，刚性的连轴方式优化效果最好。而位置环主要是通过调整位置增益参数来进行优化。

802C/D 系统采用全闭环控制系统，最外环是位置环，然后是速度环，内环是电流环，通过调节速度环和电流环的增益和积分时间来优化进给轴系统。电流环增益也称负载惯量比，可以手动调节。

对于进给轴，回路增益的标准值保存在机床数据 MD：POSCTRL _ GAIN［n］（伺服增益系数）中，对于模拟进给轴/主轴则要求进行匹配。n 表示调节参数数组号：0 ~ 5。

K_v 系数太大会导致系统不稳定、超调，并可能使机床超出负载的许可范围。

允许的最大 K_v 系数取决于：驱动的设计参数和动态特性（励磁时间、加速度性能和制动能力）；机床品质（弹性、振动阻尼）；位置控制脉冲。

$$K_v \text{ 系数定义为：} K_v = \frac{\text{速度}}{\text{滞后量}} \tag{6-1}$$

式（6-1）的单位为$\frac{[\text{m/min}]}{[\text{mm}]}$。

6.3.2 位置控制器的参数记录

位置控制可以使用 6 种不同的参数记录。它们可以使位置控制与操作时修改的机床特性快速匹配，例如改变丝杠齿轮级和进给轴动态特性的匹配（如攻丝时）。

操作时通过转换参数记录可以改变以下机床数据：

MD：DRIVE _ AX _ RATIO _ NUMERA［n］

MD：DRIVE _ AX _ RATIO _ DENOM［n］

MD：POSCTRL _ GAIN［n］

MD：AX _ VELO _ LIMIT［n］（速度监控界限值）

MD：DYN _ MATCH _ TIME［n］（动态调节的时间常量）

其中，n 表示调节参数数组号：0 ~ 5。

对于丝杠，每个齿轮级对应一个参数记录。根据接口信号“实际齿轮级”（V380x2000.0bis.2），相应的参数记录即被激活。对于未参与攻丝或螺纹切削的进给轴，在任何情况下，参数记录 1 被激活（index = 0）。对于参与攻丝或螺纹切削的进给轴，与当前丝杠的齿轮级的相同的参数记录号被激活。

6.3.3 速度环的优化

速度环动态特性优化通过 SimoComU 进行，步骤如下：

1）将 NC 轴参数 MD：30200 设置为“0”（优化完毕后必须设置为“1”），使优化时 NC 给定电缆中的伺服使能信号 65 和 9 不会断开。

如果需要利用组合键对电动机抱闸进行控制，需要设定 NC 参数 MD：14512［18］的位为 2（bit1）“1”（优化完毕后恢复为“0”）。

驱动器使能（电源模块端子 T48、T63 和 T64 与 T9 接通），并将坐标移动到适中的位置（优化时电动机要旋转约两圈）；优化时驱动器的速度给定由 PC 以数字量给出。

2）进入工具软件 SimoComU，选择联机方式，再选择 PC 控制，选择“OK”（见图 6-29）。

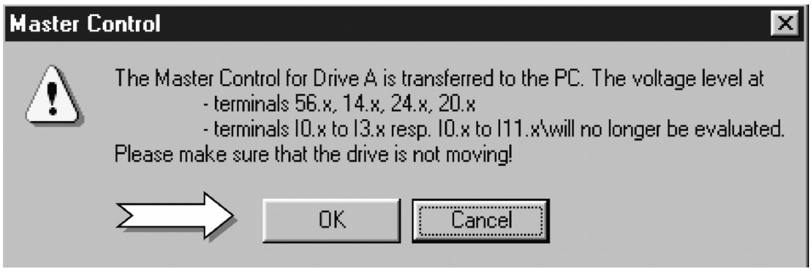


图 6-29　进入工具软件 SimoComU

3）在 SINUMERIK 802C base line 上通过机床控制区域组合键 + 释放电机抱闸。

4）如图 6-30 所示进入控制器目录（Controller），出现以下画面，选择“None of these”。

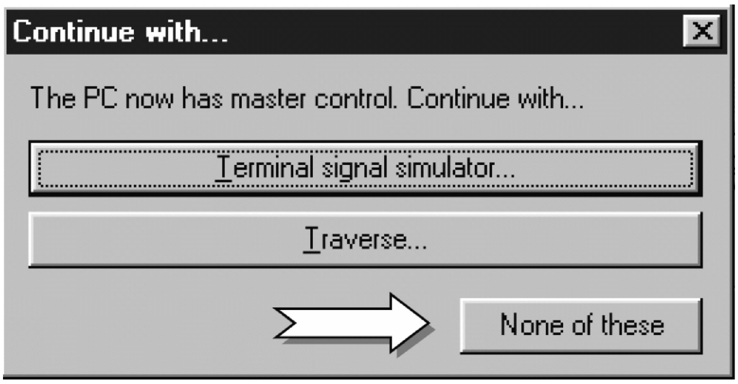


图 6-30　控制器目录

5）选择运行自动速度控制器优化“Execute automatic speed controller setting”（见图 6-31）。

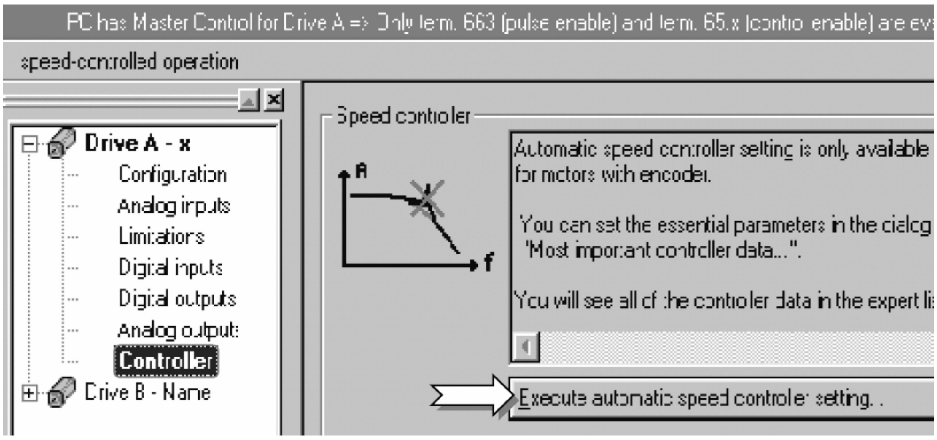


图 6-31　选择运行自动速度控制器优化

进入优化后出现以下画面（见图 6-32）。

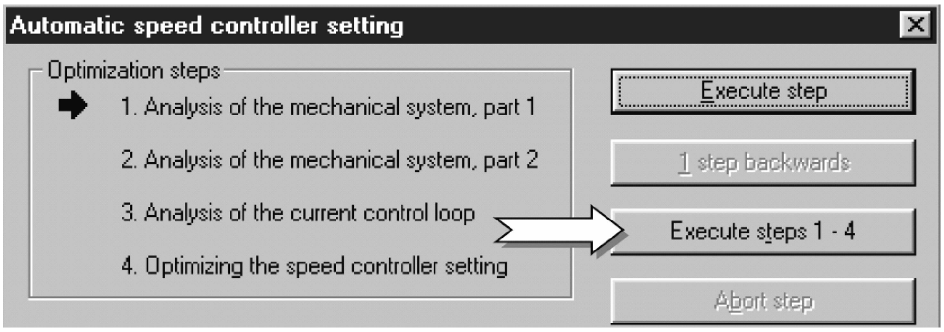


图 6-32　优化画面

进入速度环优化后，在图 6-32 中选择“Execute steps 1-4” 自动执行：

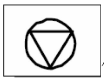
①分析机械性能一（电动机正转，抱闸应释放）；

②分析机械性能二（电动机反转，抱闸应释放）；

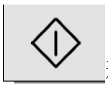
③电流环测试（电动机静止，垂直轴电动机的抱闸应夹紧）；

④参数优化计算。

其中，运行完第二步时，SimoComU 出现提示：“电流环优化，垂直轴的电动机抱闸一定要夹紧，以防止坐标下滑”。

6）通过 MCP 组合键 +使抱闸夹紧。

7）显示优化前和优化后的参数比较，如果认可，需要进行数据存储，上电复位。

8）通过机床控制区域组合键 +释放电动机抱闸。

9）恢复 NC 通过参数 MD：14512［16］=0，轴参数 MD：30200 =1，然后 SINUMERIK 802C base line 重新上电使参数生效。

至此，速度环优化结束。速度环优化结束后，可根据实际情况适当调整位置环放大倍数和加速度，以减小位置跟随误差。

6.3.4　位置环的优化

位置环的优化主要通过设置参数进行，其位置增益与加速度按表 6-16 进行参数设置。

表 6-16　位置环参数定义

参数号	参数含义	最小	标准	最大	单位	数据类型	定义
MD32200	位置环增益	0	1	2000	1/s	DOUBLE	设定位置增益
MD32300	最大轴加速度	0			mm/s^2，r/s^2	DOUBLE	设定轴加速度

6.4　西门子 802D 标准子程序的调用

6.4.1　概述

802D 的标准子程序与 802S/C 基本相同，先进行初始化，路径名如图 6-33 所示。

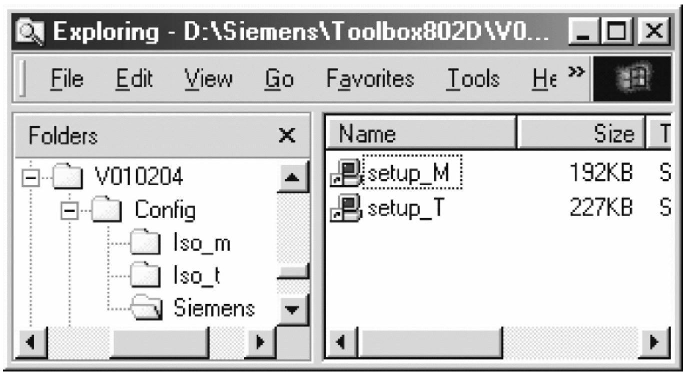


图 6-33　子程序路径名

下载初始化文件 SETUP _ T. CNF 后，系统变成车床配置，具有两个进给轴和一个主轴，车床及轴接口信号见表 6-17。

下载初始化文件 SETUP _ M. CNF 后，系统变为铣床配置，具有 4 个进给轴和一个主轴，铣床及轴接口信号见表 6-18。

表 6-17　车床及轴接口信号

轴号	轴名	轴信号接口
1	X1	V3800 ××××
2	Z1	V3801 ××××
3	SP	V3802 ××××

表 6-18　铣床及轴接口信号

轴号	轴名	轴信号接口
1	X1	V3800 ××××
2	Y1	V3801 ××××
3	Z1	V3802 ××××
4	SP	V3803 ××××
5	A1	V3804 ××××

802D 的标准子程序比 802C 增加了一些，这个可以与第 2 讲的相关内容进行比较。表 6-19 所示是 802D 的标准子程序。

表 6-19　802D 的标准子程序

子程序#	子程序名	子程序说明
0～30	-	为制造商预留
31	USR _ INI	为制造商初始化预留（该子程序由子程序 32 自动调用）
32	PLC _ INI	PLC 初始化
33	EMG _ STOP	急停处理（包括驱动器上电和下电时序的控制）
34	MCP _ 802D	传送 802D 机床控制面板对应的 I/O 状态到接口 V1000 ××××

（续）

子程序#	子程序名	子程序说明
35	SPD _ OVR	利用3个按键选择主轴倍率（格雷码）并送到接口 VB1000 0008
36	MINI _ HHU	西门子小型手持单元（6FX2006-1BG00）控制
37	MCP _ SIMU	机床控制面板 MCP 仿真
38	MCP _ NCK	机床控制面板 MCP 的信号、操作面板 HMI 信号送至 NCK 接口
39	HANDWHL	由操作面板 HMI 在机床坐标系或工件坐标系选择手轮
40	AXIS _ CTL	进给轴和主轴使能控制（包括硬限位和电动机抱闸释放等）
41	SPD _ GEAR	主轴两级变速控制（自动摆动）
42	------	子程序预留
43	MEAS _ JOG	手动刀具数据测量（只用于车床）
44	COOLING	冷却控制（手动键及 M 代码：M07/M08/M09）
45	LUBRICATE	导轨润滑控制（每时间间隔润滑一个时间单位）
46	TURRET1	车床刀架控制（刀架类型：霍尔元件传感器，4/6/8 工位）
47	TURRET2	车床刀架控制（刀架类型：4 位编码器检测位置）
48	TOOL _ DIR	判断就近换刀方向，并计算预停刀位
49	LOCK _ UNL	卡紧放松控制（车床的卡盘或铣床的刀具）
50	MGZ _ SRCH	刀库刀表初始化（用于随机换刀，刀库最多 40 把刀具）
51	MGZ _ RNEW	在刀表中搜索编程刀具所在的刀套号
52	MGZ _ INI	刷新刀表
53 ~ 62	------	子程序预留
63	TOGGLE	6 个单键保持开关 K1 ~ K6；两个延时开关 K7，K8

这里以 SBR 38-MCP _ NCK（MCP 信号处理）进行举例说明，其余请参看本书光盘或者西门子说明书。

该子程序的目的是传递来自机床控制面板以及来自操作面板的信息到 NCK 接口，主要功能有：

（1）操作方式选择

（2）增量选择

（3）操作面板信号激活（如程序控制、手轮控制）

（4）坐标手动控制（根据 PLC 参数控制点动方向）

调用的格式如图 6-34 所示。

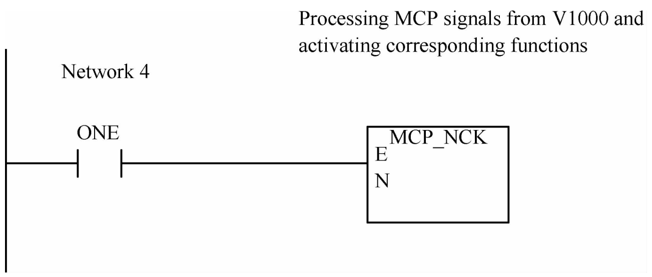


图 6-34　调用 SBR 38-MCP _ NCK

6.4.2 802D 调用 SBR33 时的问题

某配置 802D 系统的数控机床运行一段时间之后系统出现报警 7000016，驱动未就绪，无法运行。

出现报警之后，611U 伺服驱动器的 I/R 电源部分端子 72 和 73.1 之间的 ready 端子有动作，端子 48、63、64 和 9 公共点之间被程序自动切掉使能，I^2t 端子 5.1 、5.3 状态保持（见图 6-35），所有的驱动器显示 RUN。

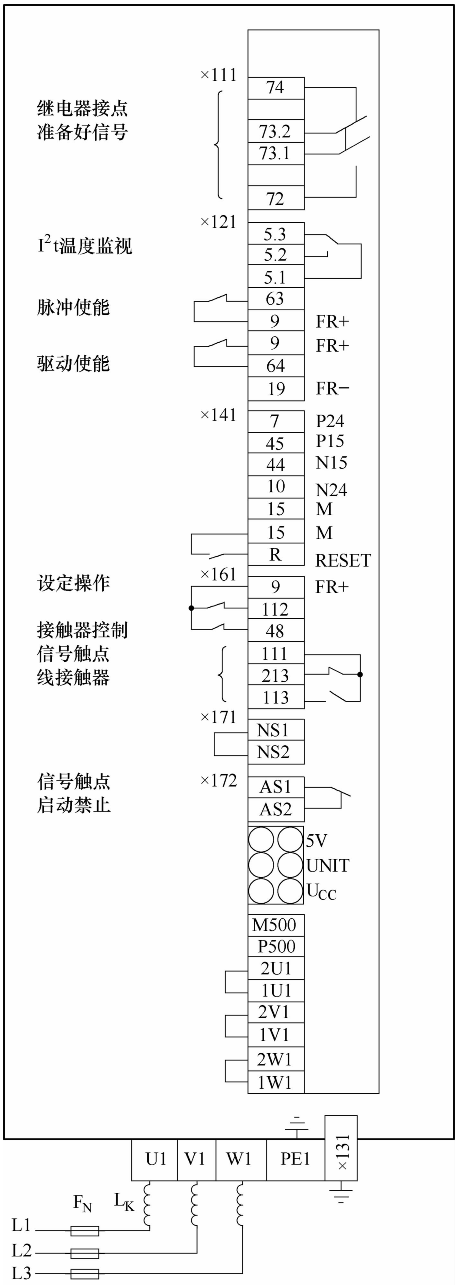


图 6-35　611U 的 I/R 端子示意

检查发现用户采用标准子程序库中的急停子程序 EMG _ STOP（SBR33）（见图 6-36）。根据仅有的提示信息，用户找不到故障原因，更换 I/R 电源，问题仍然出现。因此初步怀疑是 PLC 程序问题，并测试急停子程序 EMG _ STOP（SBR33）。

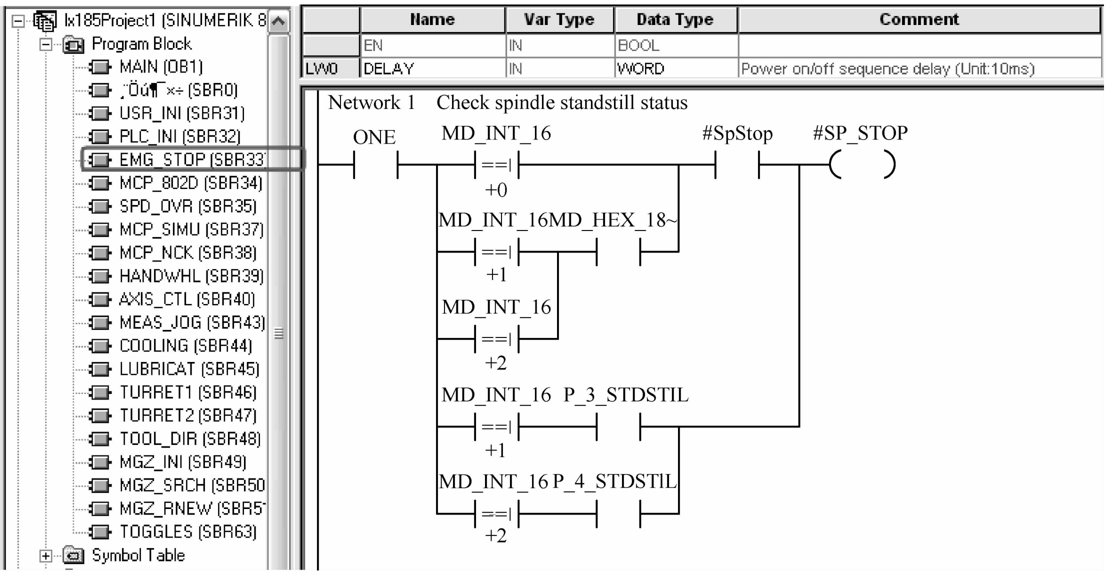


图 6-36 SBR33 的调用

经测试，在 NETWORK2 EMG _ STOP 中，把扫描周期从 20ms 提高到 200ms 相当于对中间继电器的状态检测增加延时（见图 6-37）。但是问题依旧出现。

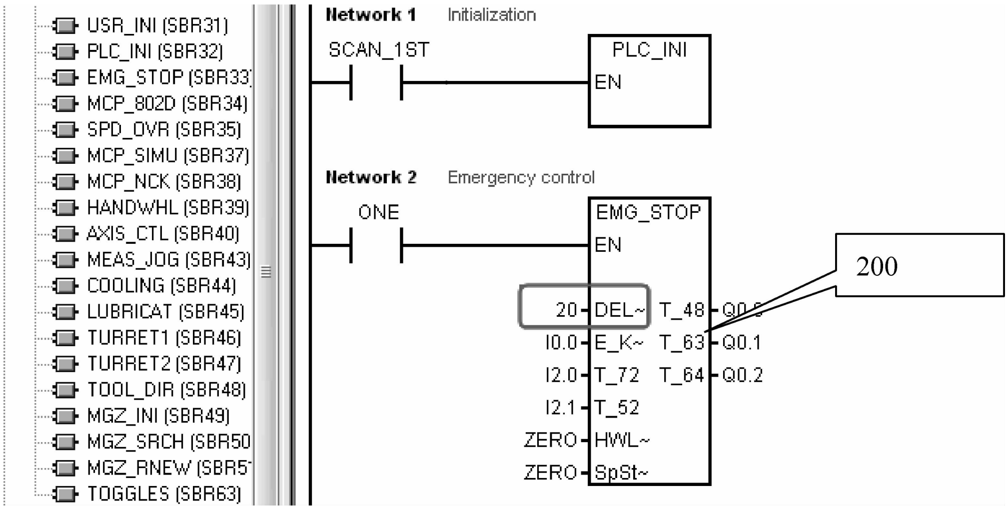


图 6-37 更改扫描周期

继续测试用户的急停子程序，当测试到图 6-38 所示的程序段时，如果把“#T _ 52”屏蔽掉之后，测试一段时间后，主轴模块出现：380500，code515 报警，同时主轴控制板显示 E-515 报警，即主轴功率单元超温报警。

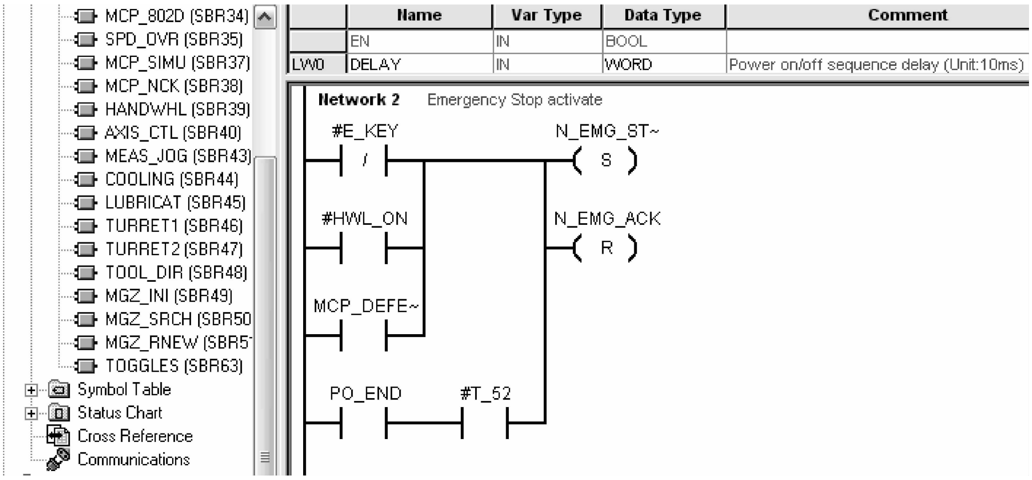


图 6-38　测试#T _ 52

从这里可以看出，如果用户采用标准子程序库中的急停子程序 EMG _ STOP（SBR33），结果会屏蔽掉驱动器，300515、300815 报警出现，系统只有 7000016 报警，并且所有驱动器显示“RUN”，用户很难判断并定位到主轴模块出故障了。因此，在调用标准子程序时，还需要做一些测试和改进，以期符合用户的最终需求。

第7讲 西门子810D/840D数控系统的装调

【导读】

西门子810D/840D数控系统是目前在中高端数控系统中应用较多的一种主流CNC系统。相较于前几代系统而言，810D/840D数控系统具有驱动数字化的特点，其数控和驱动接口信号是数字量，通过驱动总线接口，挂接各轴驱动模块。同时轴控规模大，最大可以配31个轴，其中可以配10个主轴。另外还可以实现五轴联动，即实现X、Y、Z、A、B五轴的联动加工，任何三维空间曲面都能加工。本讲主要介绍了810D/840D数控系统的PLC操作、MD参数设置和数控改造方案。

7.1 810D/840D数控系统的PLC操作

7.1.1 840D pl的PLC硬件配置

PLC硬件配置是840D系列数控系统装调前必须做的一步工作，这里以840D pl为例进行说明。

1. 确认PLC软件版本

首先要确认STEP 7的版本软件，该款CNC系统为840D的最新产品，建议使用STEP 7 V5.4（参考本书第3讲），并安装最新的Service Pack，或者安装相应硬件的更新包，对于840D pl数控系统，要安装Toolbox（见图7-1和图7-2）。注意该Toolbox一定要与840D pl的系统软件版本一致，如果不一致请查看Toolbox中的兼容表确定两者是否兼容。

安装Toolbox时有4个选项：

1）PLC-Basic Program for 8x0D V6.5（PLC基本程序）；

2）SINUMERIK Add-on for STEP7 V5.2.1.0（数控硬件更新信息）；

3）NCVar Selector（NC变量选择器）；

4）PLC Symbols Generator（PLC符号生成器）。

其中第1）、2）项必须安装。

2. 创建STEP 7新项目和S7-300站点

首先如图7-3所示创建新的STEP 7项目。

接下来如图7-4所示插入S7-300站，因为集成在840D pl内部的PLC是S7-300。

图 7-1　安装 Toolbox 界面一

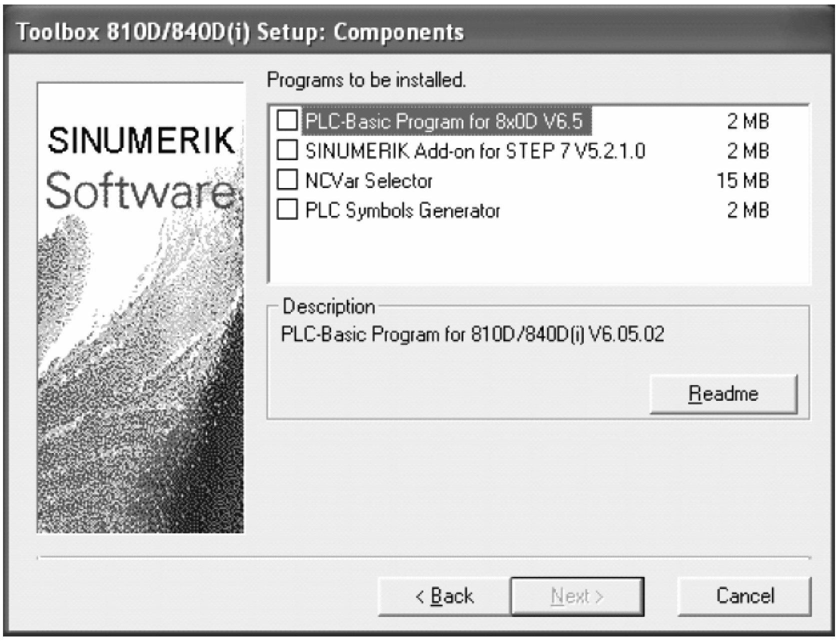


图 7-2　安装 Toolbox 界面二

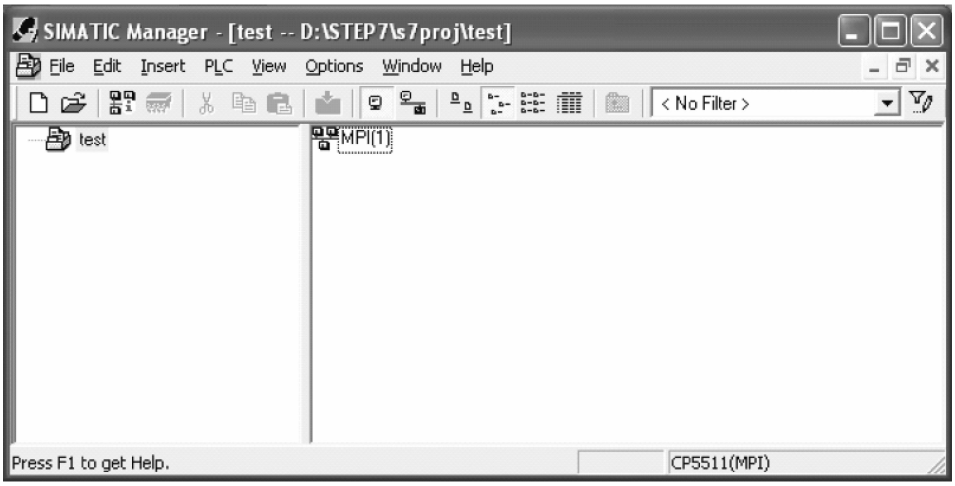


图 7-3 创建新的 STEP 7 项目

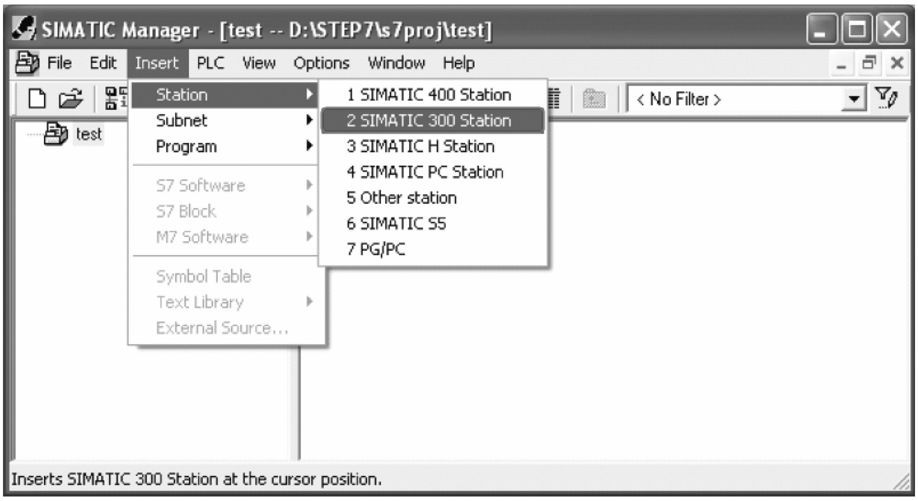


图 7-4 插入 S7-300 站

插入后的结果如图 7-5 所示。

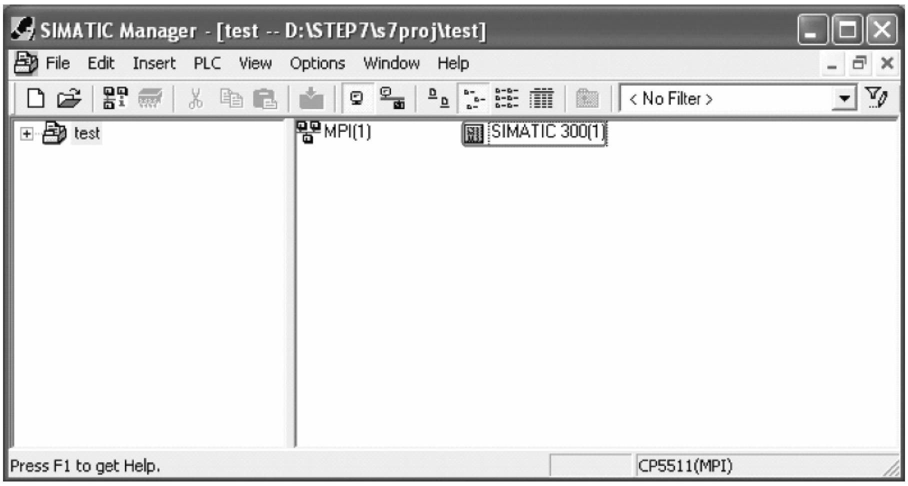


图 7-5 插入后的结果

最后双击 S7-300 站“SIMATIC 300（1）”，展开如图 7-6 所示，其中 Hardware 项就是硬件。

3. 硬件配置画面

双击 Hardware，进入硬件配置画面。点图 7-7 所示红圈内的图标，就可以看到右边的“硬件列表”窗口。接下来点“硬件列表”中的“SIMATIC 300”前面的“+”号。

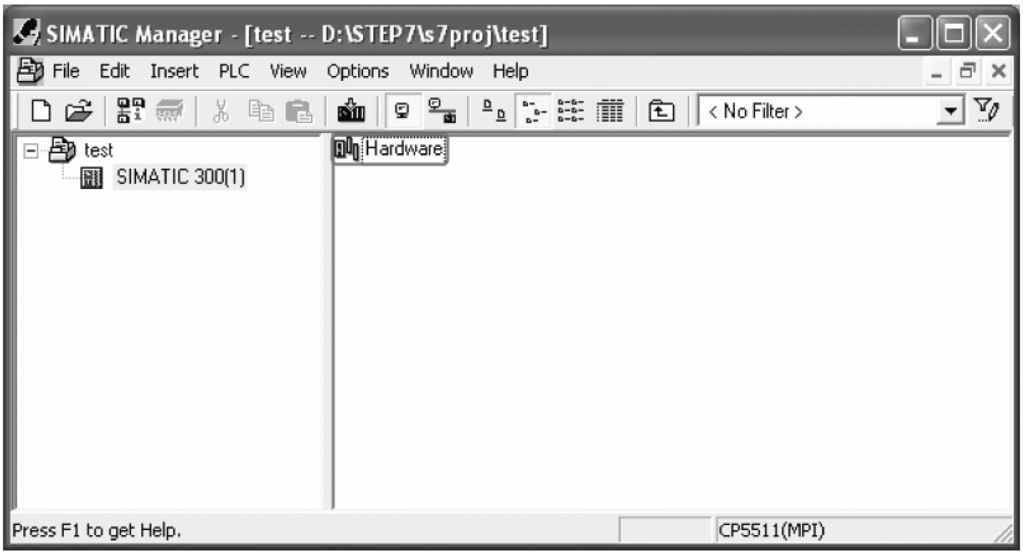


图 7-6　双击 S7-300 站

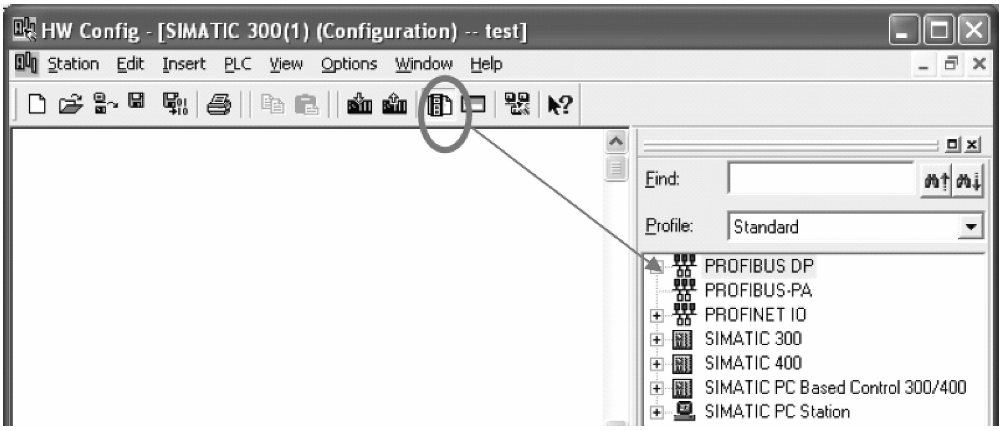


图 7-7　硬件列表

如果正确地安装了 Toolbox 就会看到“SINUMERIK”这一项。点它前面的“+”号（见图 7-8），再点 810D/840D，就可以看到如图 7-9 所示的画面。

那么，具体应该选哪种型号的 CPU 呢？

NCU ＊.3 内部集成 CPU315-2DP；

NCU ＊.4 内部集成 CPU314C-2DP；

NCU ＊.5 内部集成 CPU317-2DP。

现在大多数的硬件都是 NCU ＊.5，所以选择“810D/840D with PLC 317-2AJ10”（双击），系统会弹出对话框，问是否激活 PROFIBUS。如果使用了分布式 IO 或者其他用 PROFIBUS 通信的部件，就需要激活，这里不详述。如图 7-10 所示直接点“OK”，不激活 PROFIBUS。

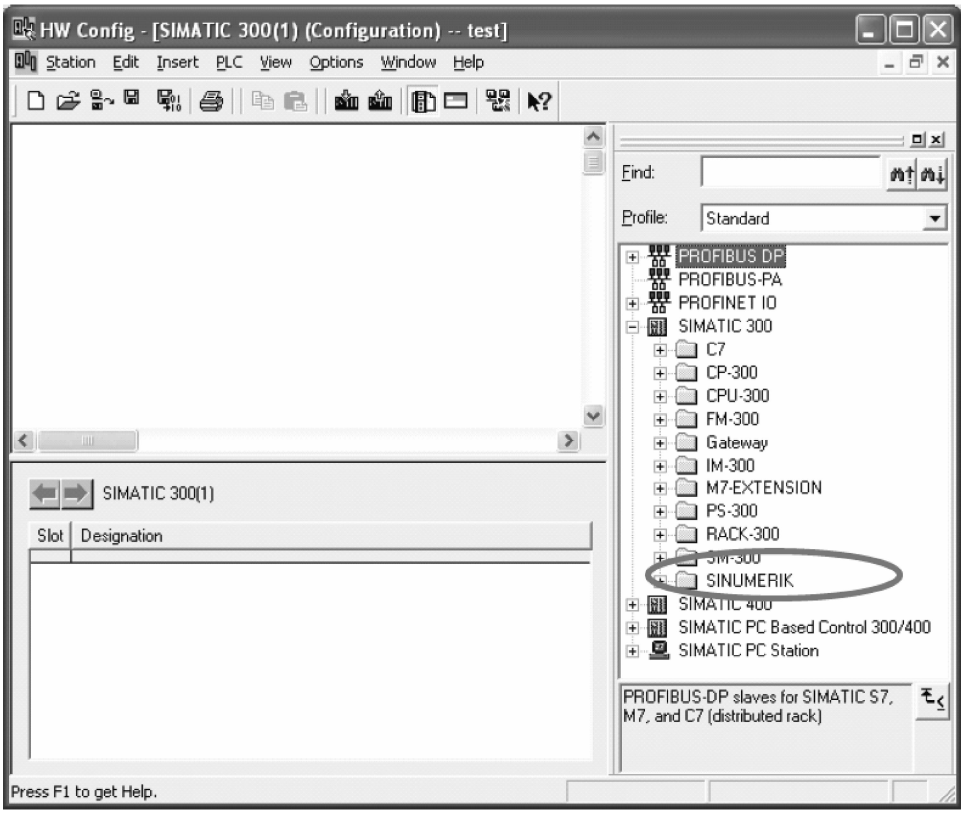


图 7-8　SINUMERIK 硬件

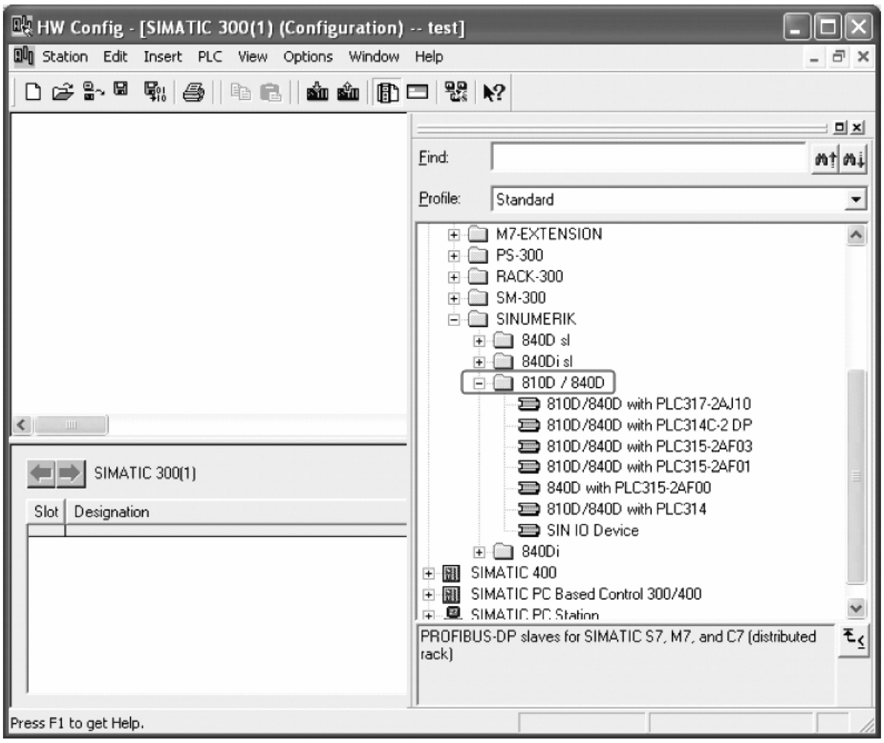


图 7-9　810D/840D 硬件

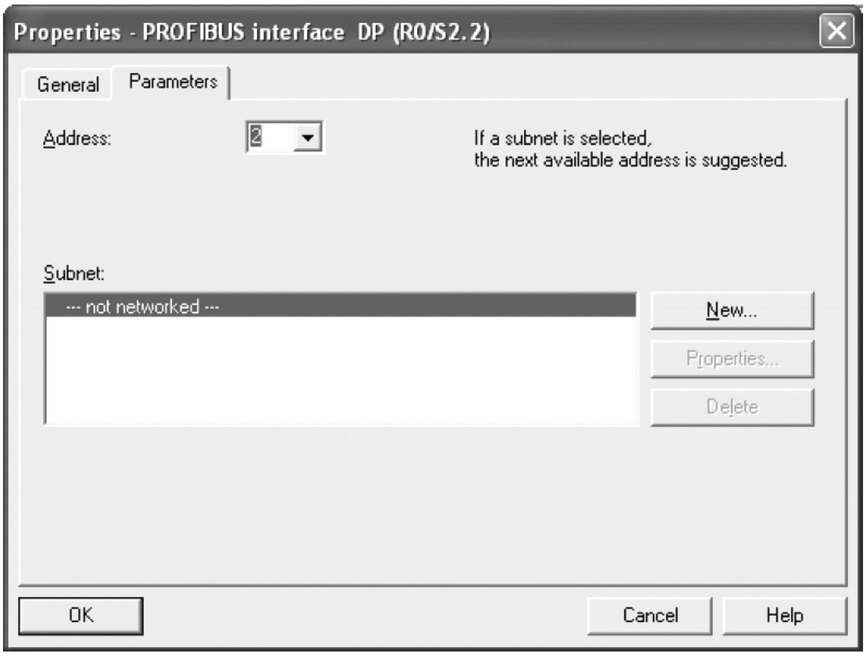


图 7-10　激活 PROFIBUS 选项

如图 7-11 所示，可以看到左上窗口中就是 840D pl，注意在其蓝色标题栏中有个“（0）”，这是 RACK（框架）的标记，即 840D NCU 内部集成了相当于 S7-300 的框架 0。

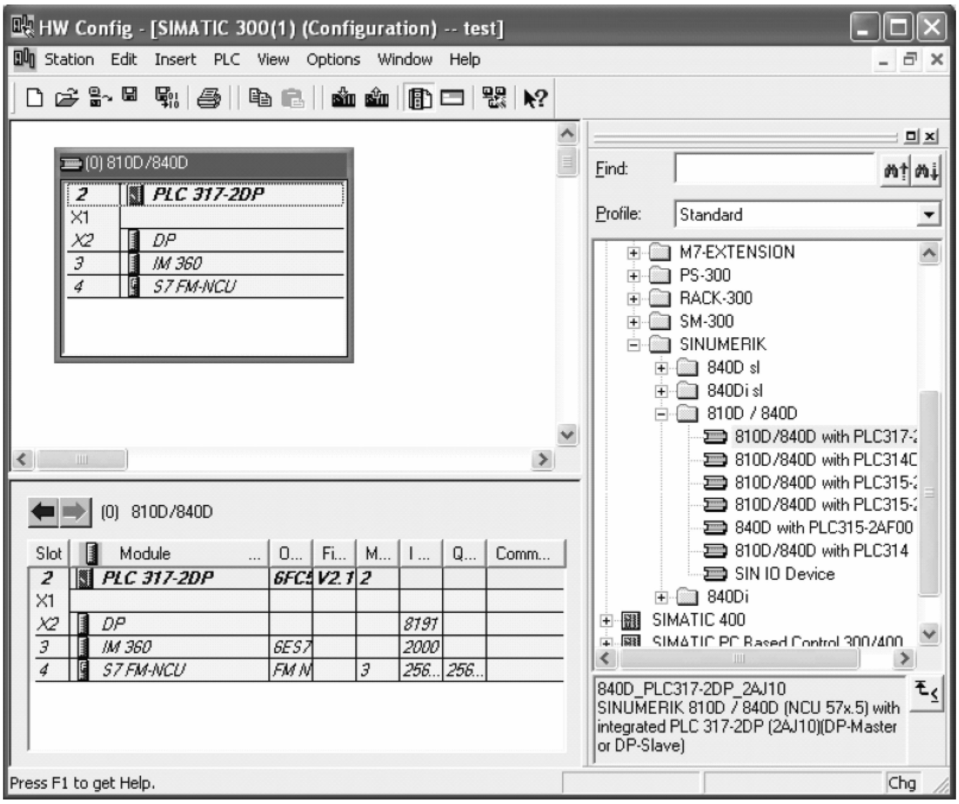


图 7-11　配置后的硬件

S7-300 最多可以有 4 个框架（Rack0-Rack3），840D pl 系统内部集成了框架 0，即包括了 PLC CPU 和接口模块 IM360，同时还有 NC 模块 S7 FM-NCU。其中，PLC CPU 的地址是 2，NC 的地址是 3，这两个地址是 MPI 网络上的地址。注意系统内部框架 0 上的槽号 4 ~ 槽号 11 为信号模块。840D pl 本地的输入/输出模块最多可以有 24 个模块（3 个框架，每个框架 8 个模块，3 * 8 = 24 模块），如果不够就用分布式 I/O 补充。

下面插入一个 16 点 24V 数字量模块和一个 16 点数字量继电器型输出模块。

首先，要插入 Rack（框架）（见图 7-12），双击 RACK-300 中的 Rail。

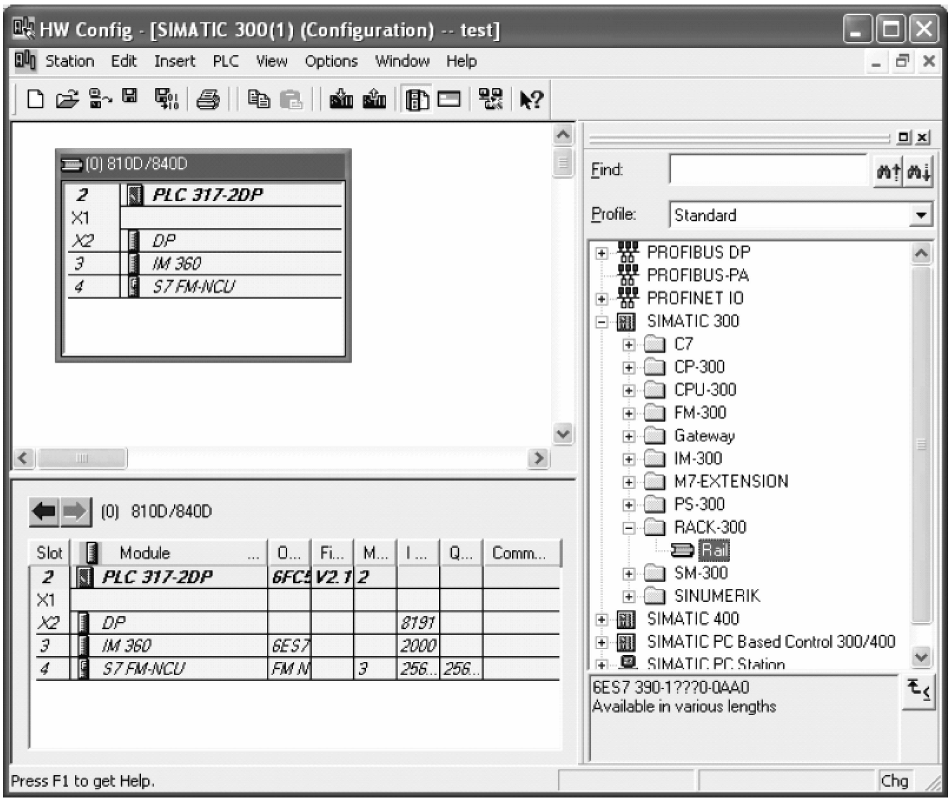


图 7-12 插入 Rack（框架）

如果如图 7-13 所示的两个框架间要通信，就需要接口模块，在框架 1 的槽位 3 中插入 IM361，选择 IM-300 中的 IM361。在硬件列表下方的窗口中有模块的订货号，因此在选择插入模块时，要确认选择的模块一定要与实际模块的订货号完全相同。

插入 IM361 后，框架 0 的 IM360 和框架 1 的 IM361 之间有连线将它们连接起来。下面就可以在如图 7-14 所示的槽位 4 和槽位 5 插入所需要的模块。

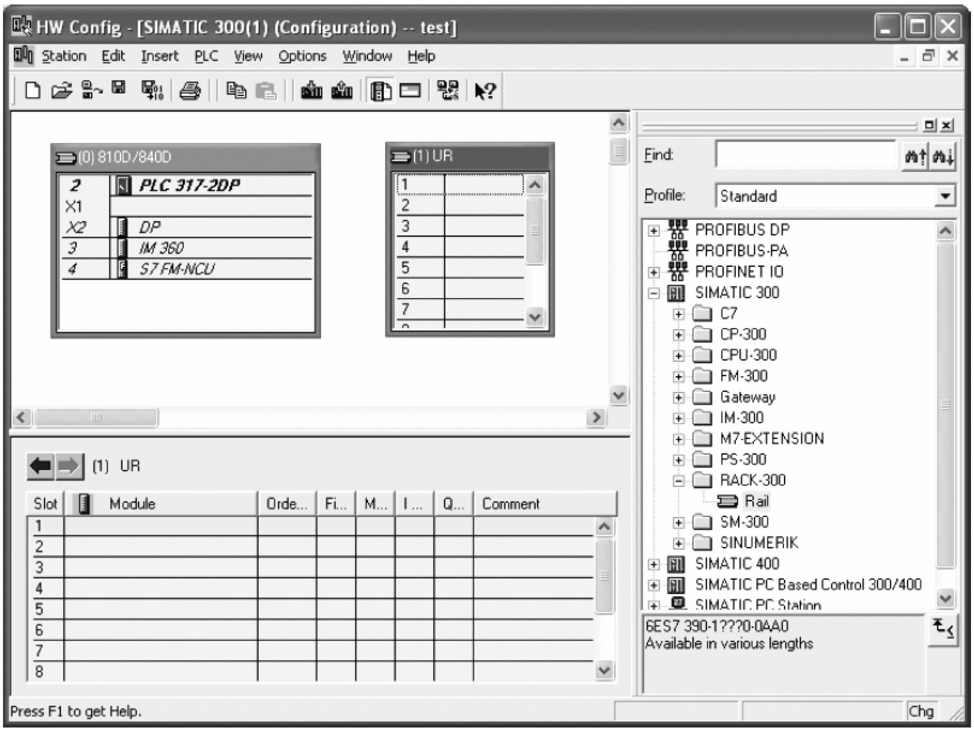


图 7-13　两个框架

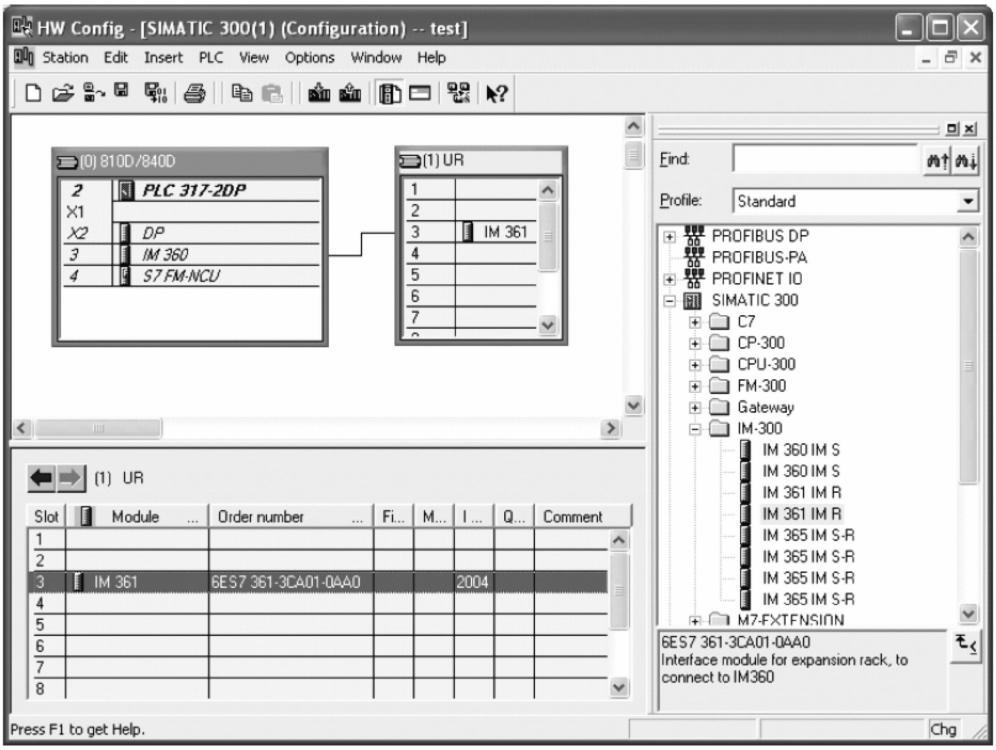


图 7-14　第二个框架上的硬件配置

重复上面的操作直至所有模块都插入完成，然后点击图 7-15 所示红圈中的图标，存储并编译，编译后硬件配置会生成可下载的系统数据块 SDB。

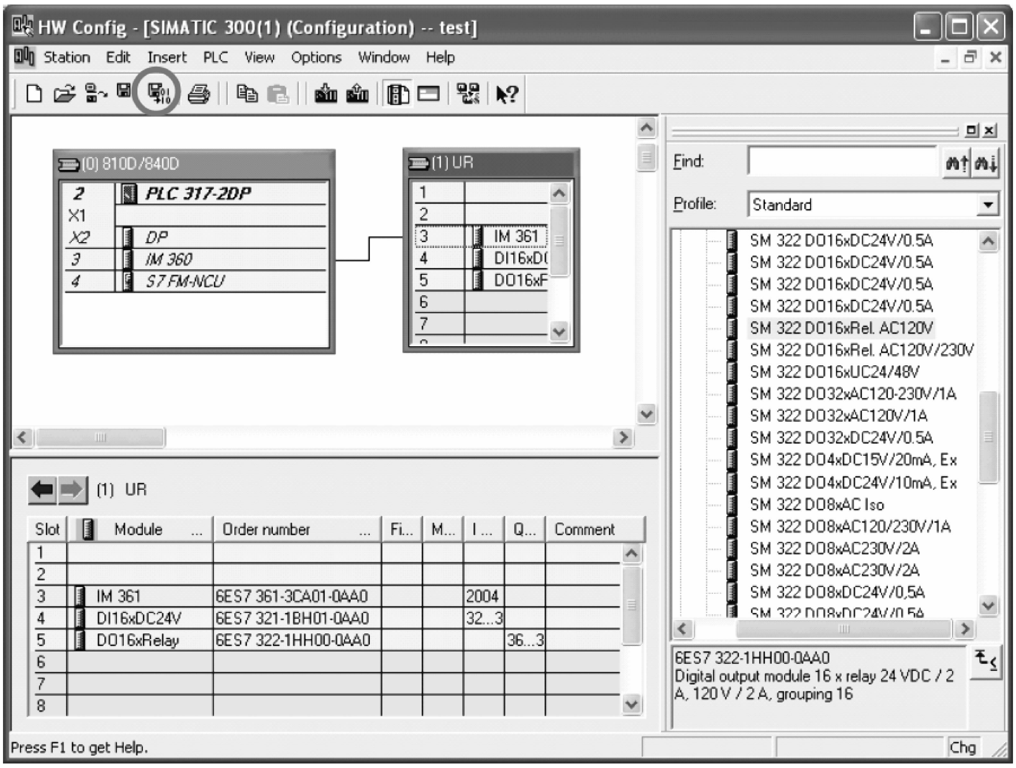


图 7-15 存储并编译

7.1.2 液晶手轮的 PLC 程序操作

液晶手轮安装后，必须在 PLC 中进行调用，这里介绍操作过程。

1. 查找到相关文件

打开西门子 840D 数控系统随机的 Toolbox 光盘（注意不是本书的附赠光盘），版本为 7.4，找到文件：8x0d \ 070403 \ BSP _ PROG \ hand _ held _ unit. zip，采用解压缩软件将文件 hand _ held _ unit. zip 解压缩，解压缩后得到以下几个文件：

hhu2 _ db68. AWL：数据块 DB68 的源文件；

hhu2 _ fc119. AWL：功能块 FC119 的源文件，针对铣床 MCP；

hhu2 _ fc124. AWL：功能块 FC124 的源文件，针对车床 MCP；

hhu2 _ fc68. AWL：功能块 FC68 的源文件；

hhu2 _ ob1. AWL：OB1 的源文件；

hhu2 _ ob100. AWL：OB100 的源文件；

hhu2 _ gr. doc：德文版 HHU 使用说明书；

hhu2 _ uk. doc：英文版 HHU 使用说明书；

symbol. sdf：符号表。

2. 840D SW7.4 版 PLC 程序基本块的复制

新建一个 project，将 toolbox SW7.4 的基本程序中的所有块以及符号表复制到新建的项目中。复制 840D SW7.4 版 PLC 程序基本块的方法如下：

首先要安装 toolbox 中的基本程序块，安装完 toolbox 后，运行 STEP 7，在菜单“File”中选择“OPEN”，在弹出的对话框中选择 Libraries，弹出的对话框如图 7-16 所示。

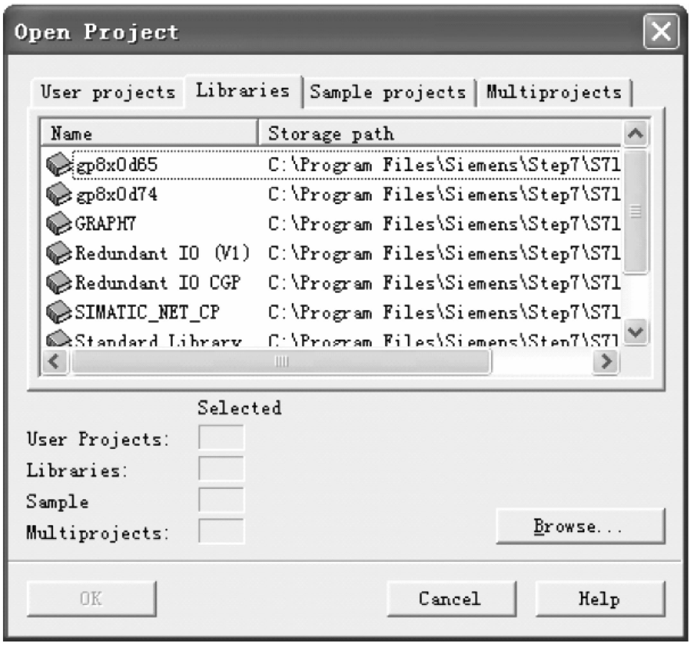


图 7-16 打开文件

用鼠标选择“gp8x0d74”，点击“OK”，即可打开 840D SW7.4 版的 PLC 基本程序块。接下来就是程序块的复制，点击左侧窗口中的“Bausteine”（该单词为德文，即中文“块”），在右侧窗口中就会显示所有的程序块，用鼠标选中所有的块，然后点右键，在弹出的菜单中选择“Copy”（或则按组合键 Ctr + C），如图 7-17 所示。

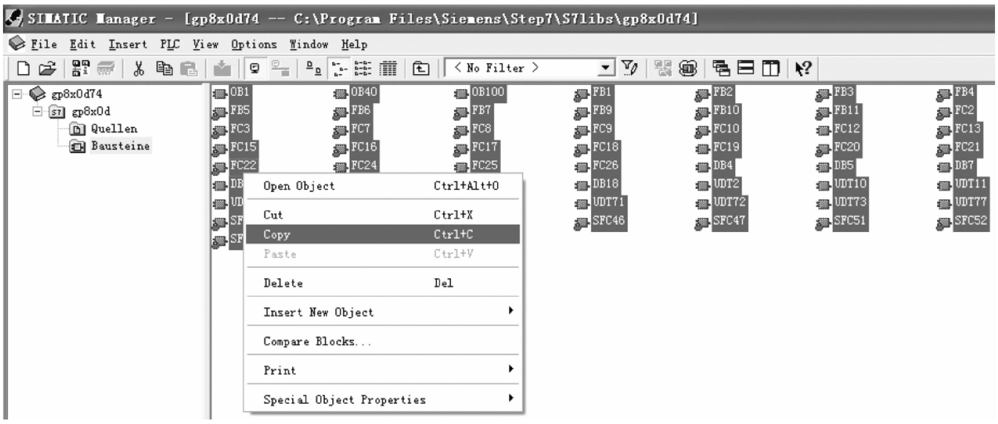


图 7-17 程序块的复制

然后打开新建的 Project，选择右侧的 Blocks，在右侧窗口中点右键在弹出的菜单中选择“Paste”（即粘贴），这样程序就会被粘贴到新建的 Project 中（见图 7-18）。

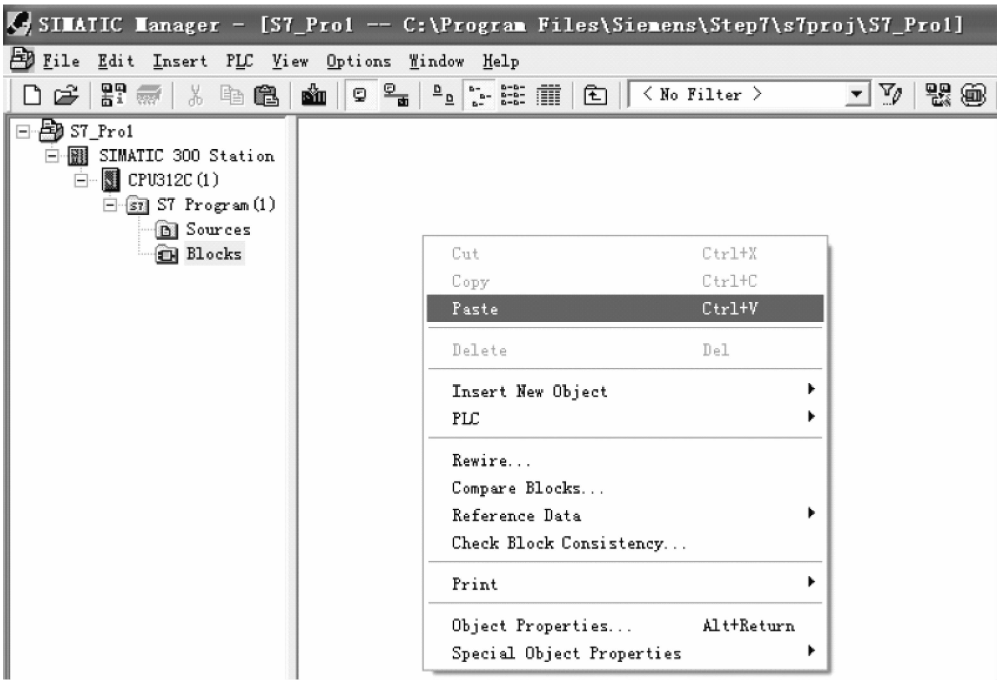


图 7-18　粘贴到新建的 Project

符号表的复制：如图 7-19 所示，选择左侧窗口中的“gp8x0d”，在右侧窗口中的“Symbole”上点右键，打开新建的 Project，选择左侧窗口中的“S7 Program（1）”，将鼠标移动至右侧窗口点击右键，在弹出的菜单中选则“Paste”，在接着弹出来的对话框中选择“Yes”，符号表复制成功（见图 7-20）。

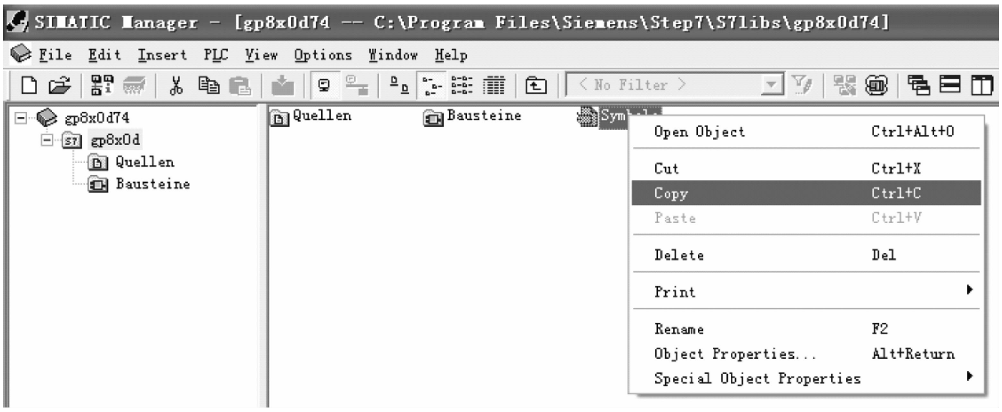


图 7-19　符号表的复制

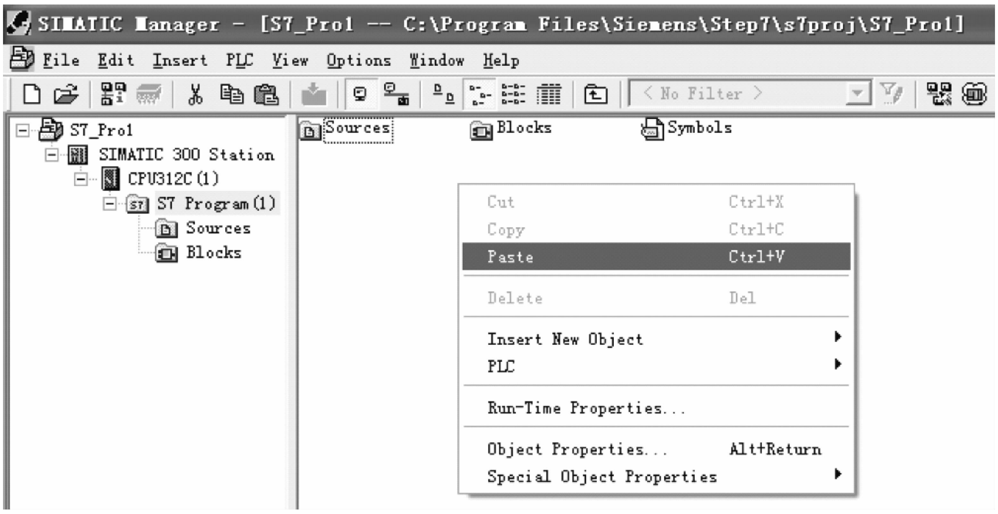


图 7-20 符号表的粘贴

3. 源文件的编译

将 HHU 的源文件导入 STEP 7，在新建的 Project 中，单击左侧窗口中的“Sources”，在右侧窗口点右键，将鼠标移动至“Insert New Object”，在弹出的子菜单中选择“External Source…”（见图 7-21）。

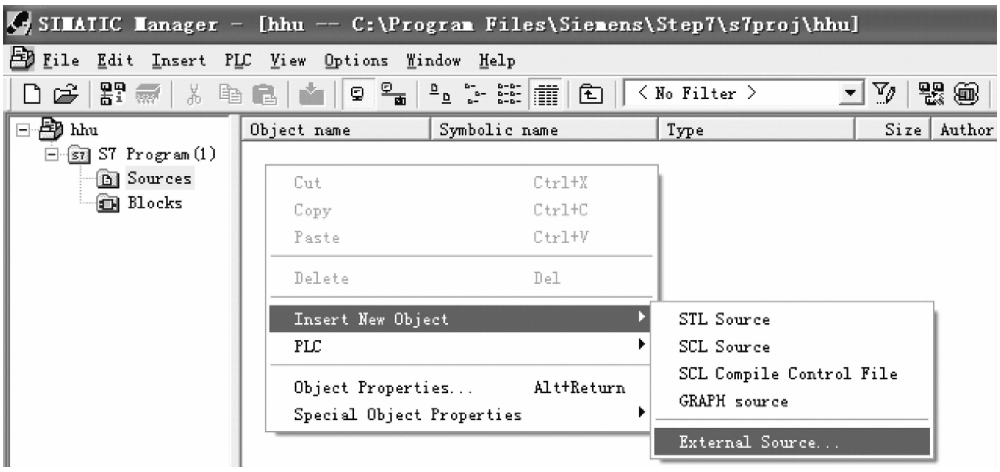


图 7-21 选择 External Source

选择“External Source…”后出现导入文件选择界面，找到手轮程序解压后的文件夹，同时选择文件“hhu2 _ db68. AWL”，“hhu2 _ fc119. AWL”，“hhu2 _ fc124. AWL”，“hhu2 _ fc68. AWL”，“hhu2 _ ob1. AWL”，“hhu2 _ ob100. AWL”后，点击“打开”（见图 7-22）。

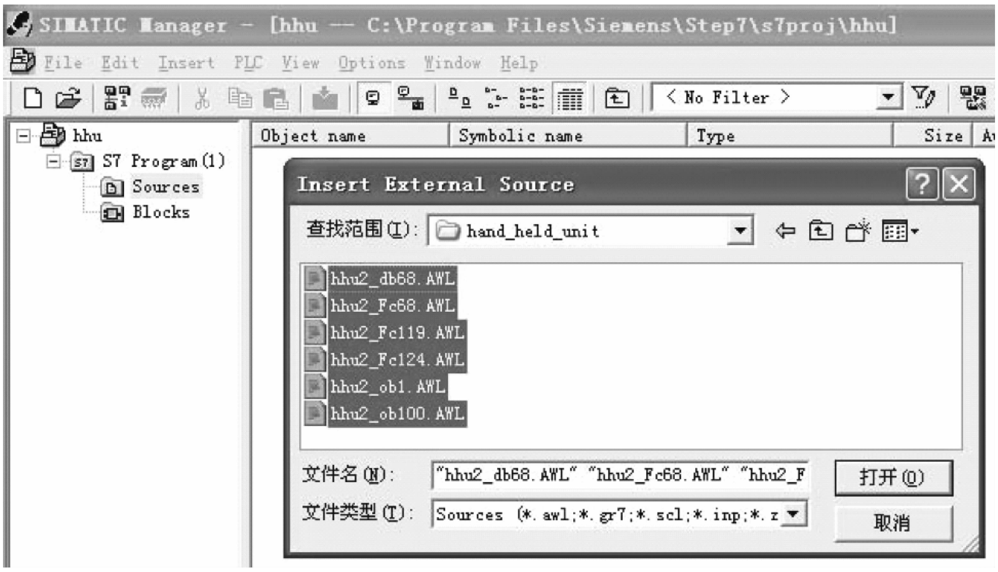


图 7-22　选择 AWL 文件

选择“打开”后，所选的源文件就导入到 STEP 7 中，界面如图 7-23 所示。

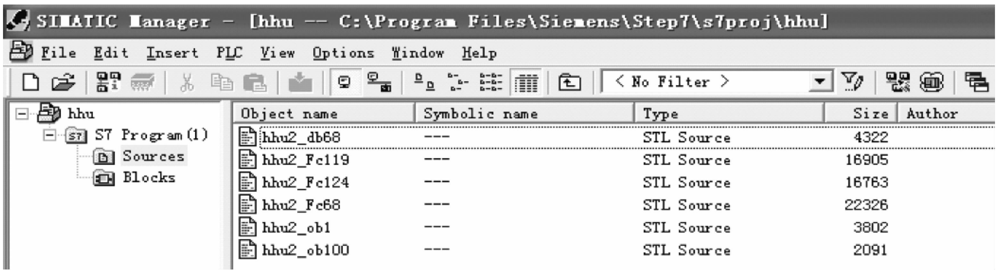


图 7-23　导入后的界面

符号表的导入，选择左侧窗口中的“S7 Program（1）”，双击打开右侧窗口中的“Symbols”，打开后的界面如 7-24 所示。

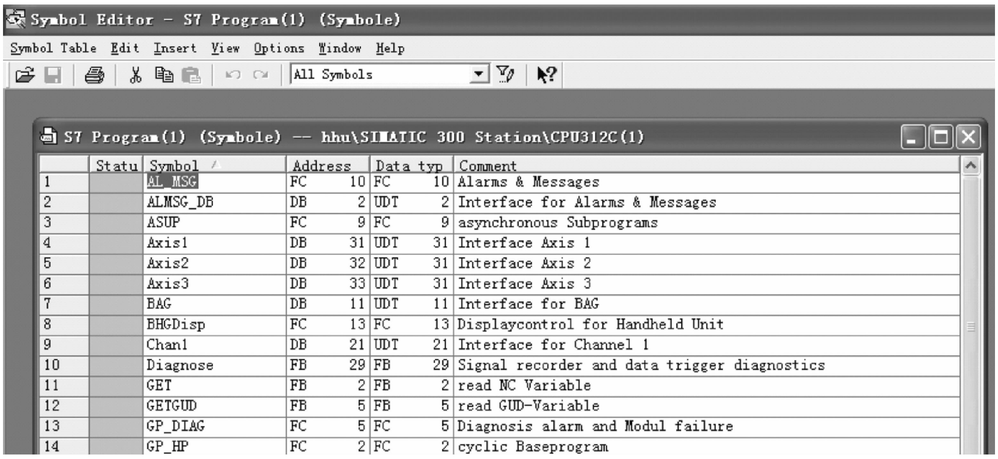


图 7-24　Symbols 界面

点击菜单“Symbol Table”，在出现的子菜单中选择“Import..”，弹出如图 7-25 所示的窗口。

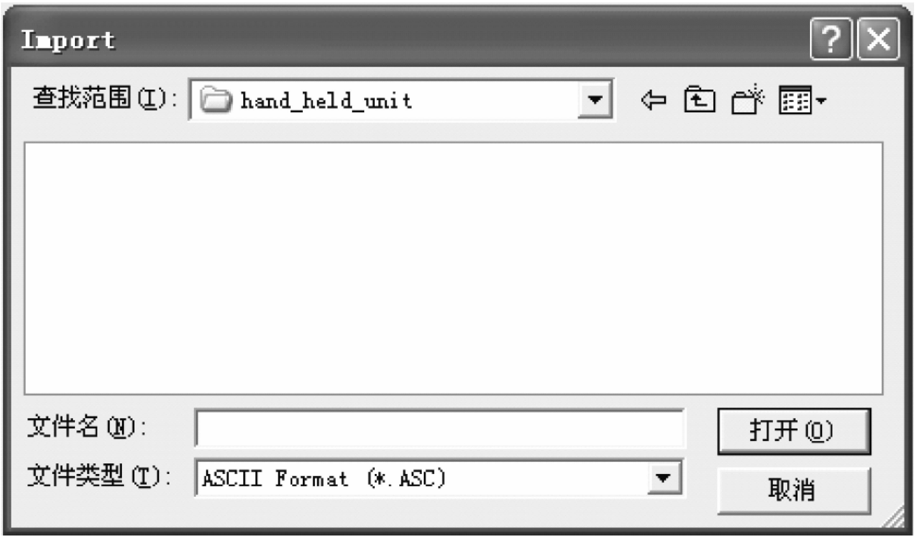


图 7-25 Import 窗口

在弹出的窗口中，在“文件类型”选择“All (*.ASC， *.SEQ， *.DIF， *.SDF)”，选择文件“symbol.sdf”，点击“打开”，在接下来的提示对话框中选择“YES”。

在符号表中新建如图 7-26 所示的 FC68 的符号为“BHG _ stv”。

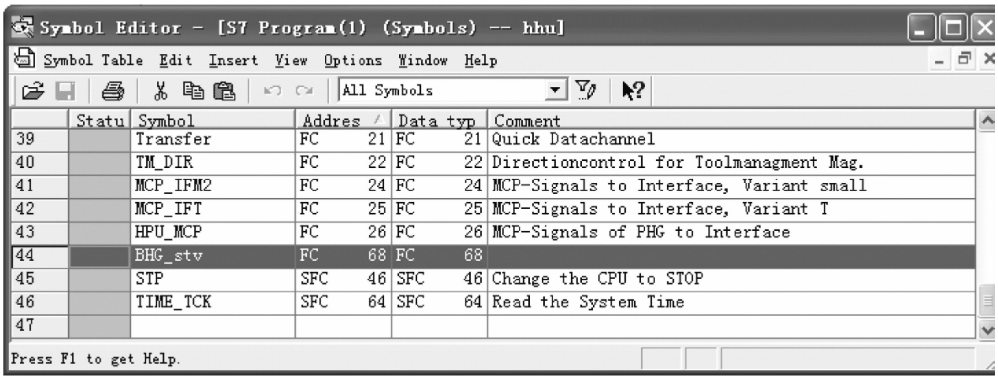


图 7-26 FC68

由于手轮程序源自德国，故需将编译语言改为德语，如图 7-27 所示，选择菜单“Options”，在弹出的子菜单中选择“Customize…”，在弹出的窗口中的选项卡“Language”中的“Mnemonics”选择“German”。单击“OK”，STEP 7 自动退出。

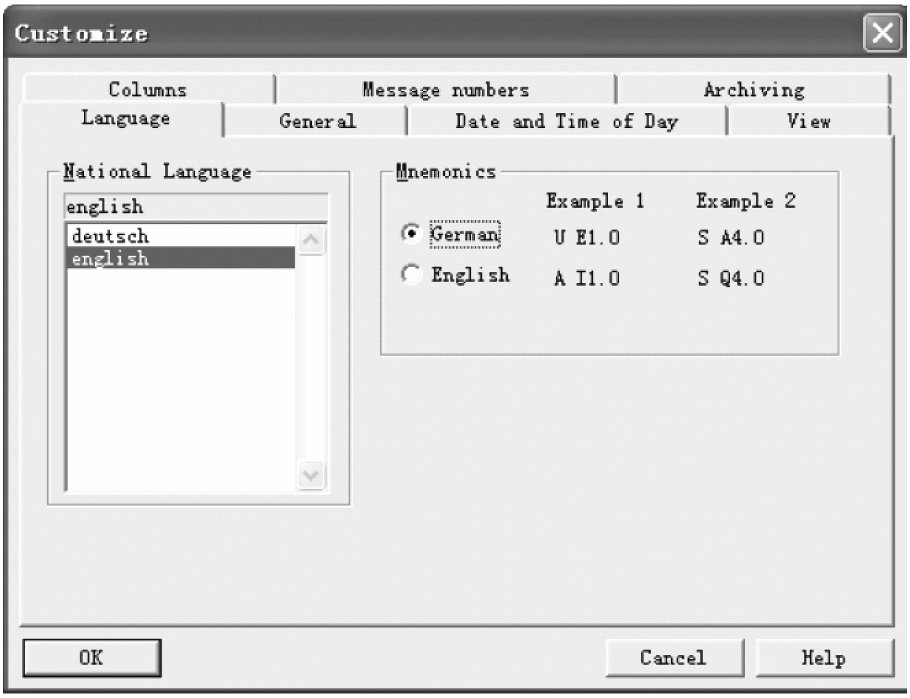


图 7-27　语言选择

设置完 PLC 程序语言后，STEP 7 自动关闭，然后再运行 STEP 7，进行源文件的编译，依次按顺序编译 “hhu2_db68.AWL”,“hhu2_fc119.AWL”,“hhu2_fc124.AWL”, “hhu2_fc68.AWL”，“hhu2_ob1.AWL”，“hhu2_ob100.AWL”。编译文件的步骤如下：

将鼠标移至要编译的文件名上，比如 “hhu2_db68.AWL”，在该文件上点右键，在右键菜单中选择 “Compile” 文件即开始进行编译。

编译界面如图 7-28 所示，在编译完成后的窗口中的最下方会显示编译结果 “Compiler result：0Error（s），16 Warning（s）”，只要显示的错误数为 0 就说明编译成功，如果编译的错误数不为 0 证明编译未成功，需查找具体的原因，一般是因为没有符号表而造成。

执行完以上编译后，就可在 Blocks 中找到 FC68，FC119，FC124，DB68，OB1，OB100。到此完成了液晶手轮程序的编译。

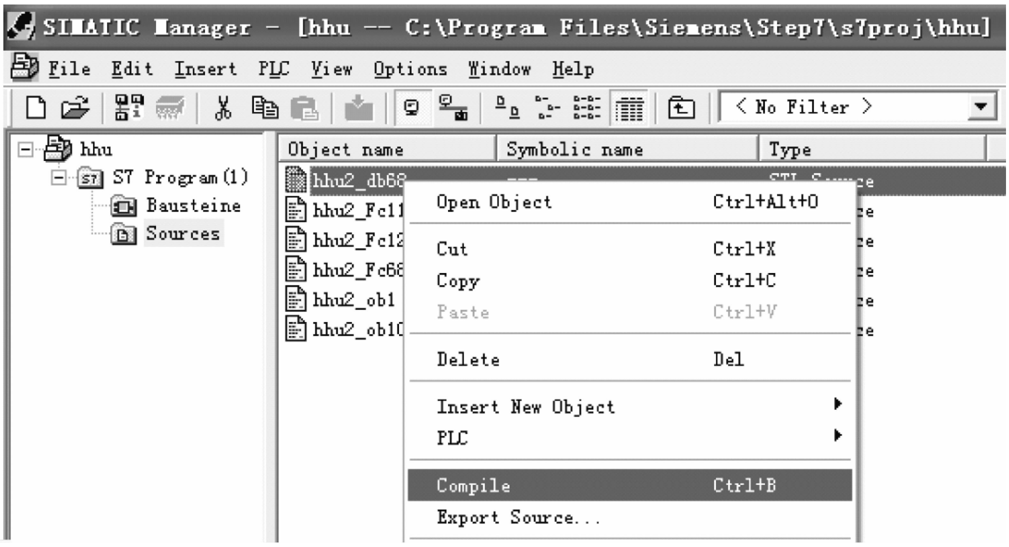


图 7-28 编译界面

7.2 810D/840D 数控系统的 MD 参数设置

7.2.1 系统参数

810D/840D 数控系统参数分为两个大类：机床数据、设定数据。

机床数据是用于生产、安装、调试用的数据，主要用于设定、匹配机床的主要数据。设定数据主要是机床在使用过程中需要设定的数据，是一些常用的用于调整机床使用性能的数据。其中，机床数据有以下几种类型：通用机床数据、通道机床数据、用于驱动器的机床数据、用于操作面板的机床数据、轴专用机床数据；设定数据则包括通用设定数据、通道专用设定数据、轴专用设定数据。

数据的标识如下：

$ MM _用于操作面板的机床数据；

$ MN _/$ SN _通用机床数据/通用设定数据；

$ MC _/$ SC _通道用机床数据/通道用设定数据；

$ MA _/$ SA _轴专用机床数据轴；

$ MD 驱动器机床数据。

840D 系列的 MD 数据非常多，这里简单列举 2 个部分，其他完整部分请查阅西门子数控手册或者本书所配光盘。

（1） 驱动器机床数据

MD1000：电流控制器周期；

MD1001：速度控制器周期；

MD1002：监控周期；

MD1003：STS 配置；

MD1004：配置结构；
MD1005：电动机测量系统的编码器标志数；
MD1007：直接测量系统的编码器标志数；
MD1008：编码器相位差补偿；
MD1011：间接测量的实际值采集的配置；
MD1012：功能开关；
MD1013：星形/三角形切换关闭；
MD1014：V/F 方式有效；
MD1016：变换角度偏置；
MD1017：启动帮助；
MD1019：电流转子位置标志；
MD1020：最大转矩转子位置识别；
MD1021：电动机多圈绝对值编码器；
MD1022：电动机绝对编码器信道的测量步数；
MD1023：电动机测量电路绝对通道诊断；
MD1030：直接测量的实际值采集的配置；
MD1031：直接测量多转绝对值编码器；
MD1032：直接测量绝对编码器信道的测量步数；
MD1033：直接测量系统绝对通道诊断；
MD1100：频率脉宽调制；
MD1101：电流控制回路的计算死区时间；
MD1102：电动机代码；
MD1103：额定电动机电流；
MD1104：最大电动机电流；
……
（2）基本通道机床数据
MD20000：通道名称；
MD20050：几何轴—通道轴的分配；
MD20060：通道中的几何轴名称；
MD20070：通道中（有效的）机床轴号；
MD20080：通道中的通道轴名称；
MD20090：主导主轴的号；
MD20092：主轴旋转的使能/使能取消；
MD20094：M 功能（外部方式）；
MD20095：M 功能（西门子方式）；
MD20096：外部 T，M，刀具交换地址的含义；
MD20098：在 MMC 上显示轴；
MD20100：带面对轴功能的几何轴；
MD20110：RESET 复位时的基本功能设置；

MD20112：NC 启动的基本功能设置；
MD20114：方式改变中断了 MDA；
MD20116：不管怎样执行完中断程序；
MD20117：不管怎样执行完中断程序；
MD20118：使能自动几何轴改变；
MD20120：复位时刀具生效；
MD20121：复位的预选刀具；
……

7.2.2 机床数据设定举例

1. 系统的硬件配置

某 840D 机床系统有以下配置：

611UE：6SN1146-1AB00-0BA1.5kW；
NCU571.3：6FC5357-0BB11-0AE0；
FDD1：6SN1118-0DM23-0AA0；
MCP：6FC5203-0AD10-0AA0；
PCU20：6FC5210-0DF00-0AA0；
OP010：6FC5203-0AD10-0AA0。

各轴电动机：

X 轴：1FK7061-7AH71-1AA0；
V 轴：1FK7042-5AH71-1EB0。

系统的配置图如图 7-29 所示。

2. 系统参数配置

机床坐标轴名

MD10000:AXCONF _ MACHAX _ NAME _ TAB[0] = X1;AXCONF _ MACHAX _ NAME _ TAB[1] = V1。

驱动逻辑号

MD13010 ：DRIVE _ LOGIC _ NR [0] =1；DRIVE _ LOGIC _ NR [1] =2。

3. 轴参数的设定

轴所需设定的主要机床数据如下：

1）MD30110 CTRLOUT _ MODULE _ NO ：设定值指定驱动器号/模块号，可根据驱动器的排列顺序来确定该参数的值。

2）MD30130 CTRLOUT _ TYPE ：该数据用来确定设定值输出类型，取值范围为 1 或者 0。

3）MD30200 NUM _ ENCS：编码器数量。

4）MD30220 ENC _ MODULE _ NO：实际值指定，驱动器号/测量电路号。

5）MD30230 ENC _ INPUT _ NO：编码器输入号，输入到驱动器子模块/测量电路板的号码。

6）MD30300 IS _ ROT _ AX：是否旋转轴。

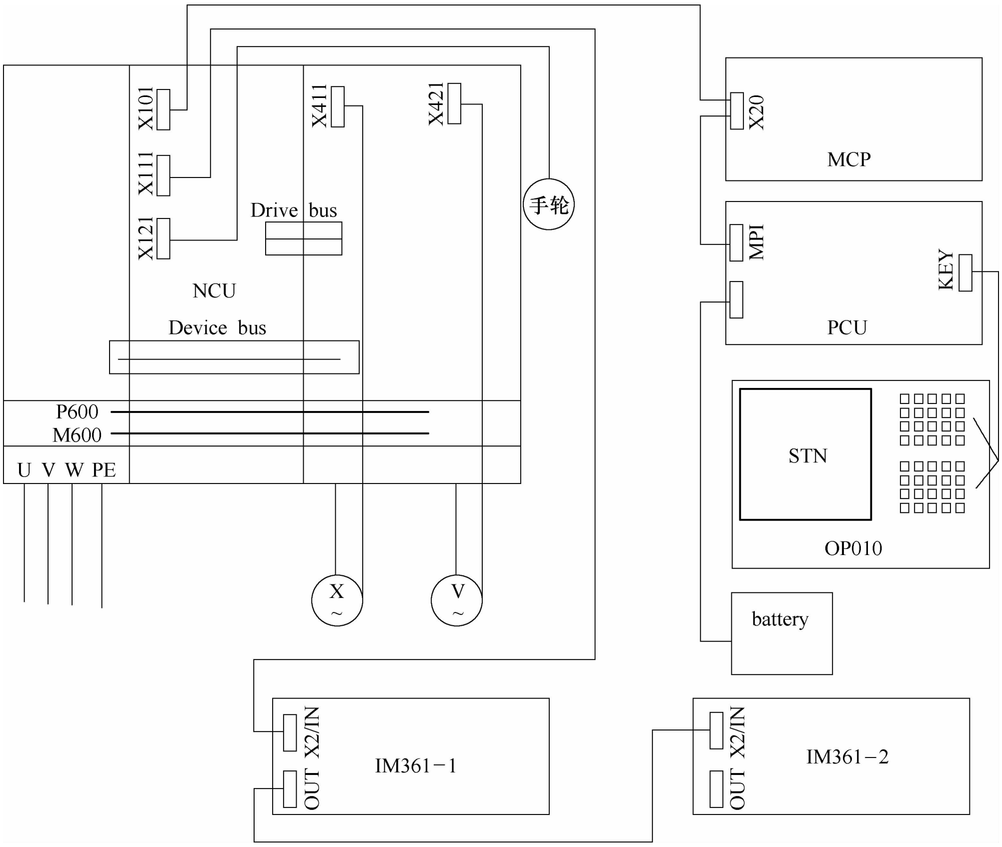


图 7-29 系统配置图

7）MD31000 ENC _ IS _ LINEAR：直接测量系统（光栅尺）。

8）MD31010 ENC _ GRID _ POINT _ DIST：直接测量系统（光栅尺）的栅距（分割点）。

9）MD31020 ENC _ RESO：编码器分辨率，即编码器的线数。可根据不同的编码器赋给该参数不同的值。

10）MD31030 LEADSCREW _ PITCH：丝杠螺距。可根据丝杠螺距的大小输入相应的数值。

11）MD31050 DRIVE _ AX _ RATIO _ DNOM：负载变速箱分母。

12）MD31060 DRIVE _ AX _ RATIO _ NUMERA：负载变速箱分子。

13）MD32000 MAX _ AX _ VELO：最大轴速度。

14）MD32010 JOG _ VELO _ RAPID：在 JOG 方式下的快速移动速度。

15）MD32020 JOG _ VELO：点动速度。

16）MD32100 AX _ MOTION _ DIR：轴移动方向。

17）MD32110 ENC _ FEEDBACK _ POL：实际值符号（编码器反馈极性）。

根据各轴的实际情况，所设置的参数如下：

X 轴配置：该轴电动机内置增量式编码器，分辨率为 2048，齿轮连接非直连，传动比为 200∶3，丝杠螺距为 10mm。

机床数据设置：MD30200＝1；MD30230＝2；MD30300＝0；MD31000＝0；MD31010＝0.01；MD31030＝10；MD31050＝3；MD31060＝200。

V 轴配置：该轴电动机内置绝对值编码器，分辨率为 2048，齿轮连接非直连，传动比为 3∶2，丝杠螺距为 6mm。

机床数据设置：MD30200＝2；MD30220＝2；MD30230＝1；MD30300＝0；MD31000＝0；MD31020＝2048；MD31030＝6；MD31050＝2 ；MD31060＝3。

以上的参数配置后，再根据机床各轴的性能要求对诸如机床手动速度、轴加速度、回参考点方式等加以调整，使其满足机床的要求。

7.3 利用 840D 数控系统改造现有机床

7.3.1 大型数控卧车的 840D 数控系统改造

1. 改造前

某数控 Ø2.2m 卧车主要用于企业的转子加工任务，其花盘直径为 2.2m，最大回转直径为 2.5m，最大加工长度为 12m，配置 2 个刀架。原机床数控系统采用西门子 820 系统，主轴采用直流电动机，驱动采用西门子 V5，进给轴采用直流伺服电动机，驱动采用西门子 V3。该机床主运动轴主要有主轴及 x、z 两个进给轴卧车改造前的配置图 7-30 所示。

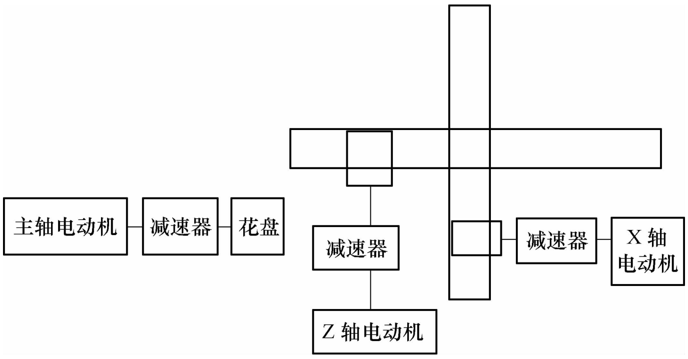


图 7-30 卧车改造前的配置

2. 840D 系统改造配置

近几年系统故障频繁，严重影响机床的正常运转。为此需要对该机床进行电气改造，所选用的数控系统为西门子 840D 配 611D，伺服驱动主轴电动机采用 lPH7 系列，进给轴采用 1FT6 系列。改造后的配置如图 7-31 所示。

（1）NCU 数字控制部件

以 NCU572 为核心，电源模块采用 SIMODRIVER 611D，它主要为 NCU 和 611D 数字驱动提供控制和动力电源，产生母线电压，同时监测电源和模块的状态。后面有 3 个主轴及进给模块通过驱动总线接口与 NCU572 挂接，数控和驱动的接口信号为数字量，分别驱动主轴及进给电动机。

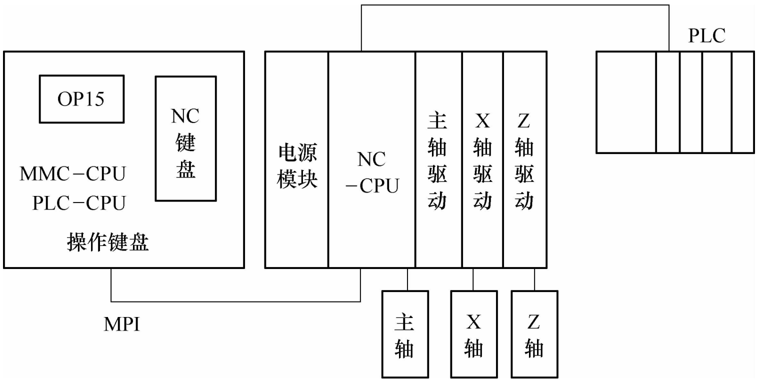


图 7-31　改造后的配置

同时 NCU572 又通过 PROFIBUS 现场总线与 OP015 人机界面、S7-300PLC 及控制电动机转速的变频器连接在一起。

NCU 的接口如图 7-32 所示。

（2）PCU50 人机通信

人机通信是数控系统和人进行信息交流的通道，包括 OP015 和 PCU50。其中，OP015 操作面板由一个 15 英寸 TFT 显示屏和一个 NC 键盘组成。而 PCU50 计算机已经预装了西门子 MMC 控制软件。

（3）PLC

840D 数控系统的 PLC 部分使用的是西门子 SIMATIC S7-300 的软件及模块。其电源由西门子 SITOP 电源（40A）提供，接口模块 IM361 是用于级之间的互连。它通过 PROFIBUS 现场总线与 NCU572 连接。在 IM361 右侧为信号模块，信号模块是用于 PLC 输入/输出的模块，有输入型和输出型两种，主要为输入模块 SM321 和输出模块 SM322。PLC 的 CPU 与 NC 的 CPU 是集成在 NCU 中的。机床上的各种按钮、光电开关、行程开关的输入信号和机床液压、润滑部分的电磁阀、接触器的输出信号分别连接到 PLC 的输入和输出模块。

（4）主轴及进给伺服电动机的选择

原主轴电动机型号为 Z4-315-091，功率为 125kW，额定扭矩为 1989N·m，额定转速为 600r/min，最高转速为 2400r/

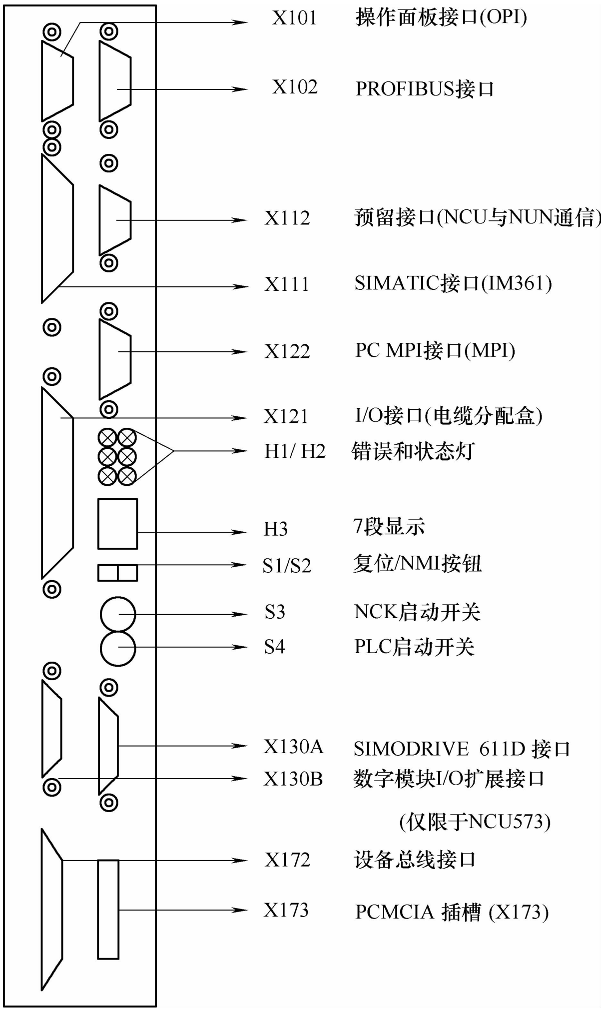


图 7-32　840D NCU 接口

min；2 个进给轴伺服电动机为 lFT5132-OS-CO-2，额定扭矩为 70N · m，额定转速为 2000r/min。

选择电动机的原则为：额定转速接近以保证主轴各档转速分配接近；电动机的额定扭矩接近；电动机的最高转速接近。

根据以上原则，主电动机选用 1PH7284，额定转速为 600r/min，最高转速为 3300 r/min，额定功率为 127kW，额定扭矩为 2021N · m。进给电动机选择 1FT6136 系列，额定转速为 2000r/min，额定扭矩为 74N · m。符合以上原则。

（5）功率模块的选择

主轴的功率模块根据西门子配套选件选择 6SE7031 变频器，而进给功率模块选择 6SN1123-0EA1。其选择的原则为功率模块的连续供电电流大于等于电动机的最大电流。

7.3.2　普通落地铣镗床的 840D 数控系统改造

1. 改造情况

某普通落地铣镗床需要改造为数控机床，原下滑座移动（X 轴）为普通齿条传动，现改为双齿轮齿条传动，采用进口齿条，重新设计制造可调整传动间隙的齿轮箱，为了提高控制精度，在床身上安装海德汉带距离码的光栅尺 LB382C，为保证 X 轴行程不变，在床身尾端增接一段支架。

原机床主轴箱上下（Y 轴）的滚珠丝杠保留，重新设计制造 Y 轴传动箱，为了提高控制精度，在立柱上安装海德汉带距离码的光栅尺 LB382C。增加主轴箱上下移动的拖链。

原机床镗杆移动（Z 轴）和防滑枕移动（W 轴）共用一个传动箱及电动机，但有各自的传动滚珠丝杆，通过离合器切换，并有离合器切换到位检测开关。现滚珠丝杆、切换离合器及检测开关全部保留，重新设计制造共用减速箱。在 Z 轴及 W 轴丝杆尾端各增加安装绝对值位置编码器一个。

原主轴直流电动机保留，取消原用于攻丝的一套复杂挂轮机构，加装主轴编码器，以完成主轴定向和刚性攻丝螺纹加工等。

各轴驱动电动机更换为西门子 1FT6 系列交流伺服电动机，重新设计制造伺服电动机安装接口。图 7-33 是 Z/W 轴的传动改造示意。

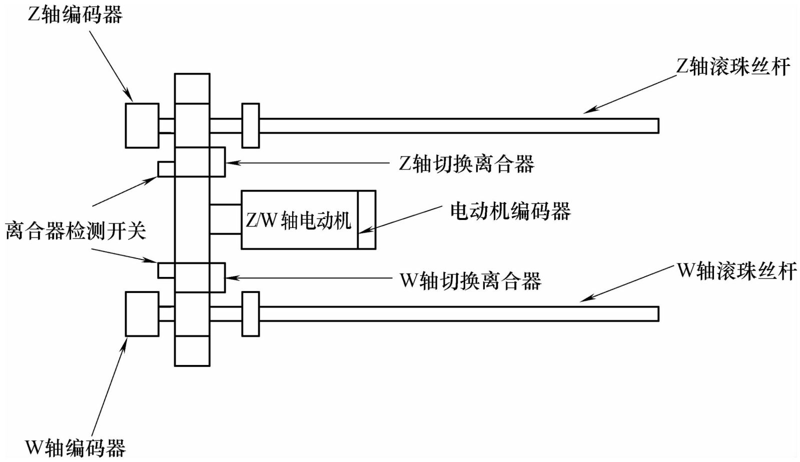


图 7-33　Z/W 轴的传动改造示意

2. 电气控制系统硬件说明

图 7-34 所示为普通落地铣镗床数控改造的电气控制系统硬件示意。

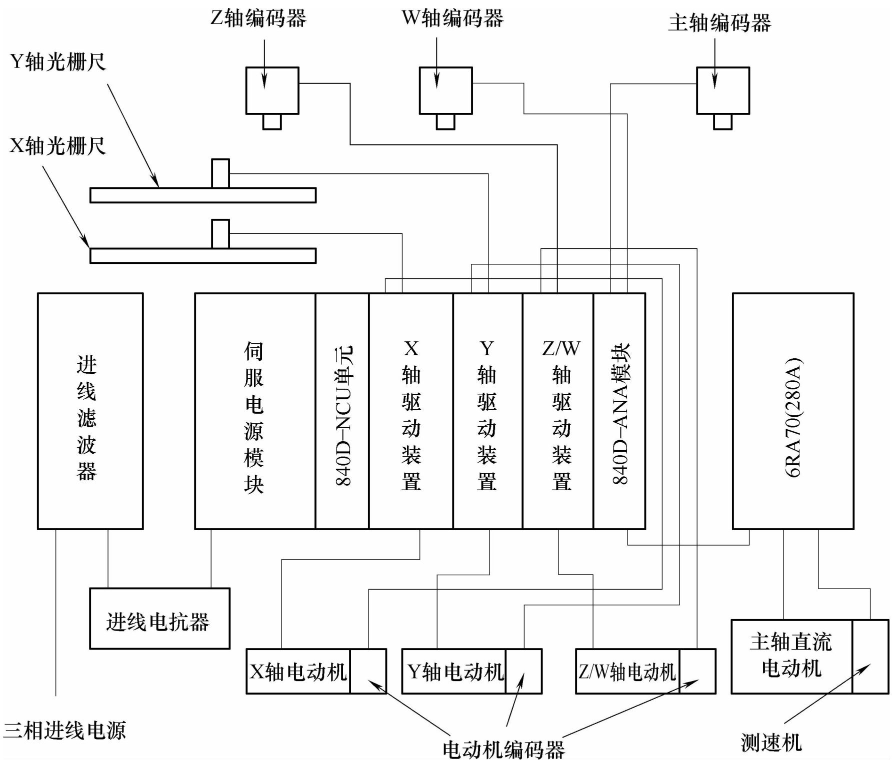


图 7-34 普通落地铣镗床数控改造的电气控制系统硬件示意

840D 系统配置：NCU572.5（Celeron 650MHz，集成于系统的 PLC-CPU PLC317-2DP），PCU50（1.2GHz/256MB/Windows XP ProEmbsys），OP012（30.7cm/12.1”TFT 分辨率 800×600，带鼠标）。

镗杆主轴旋转：840D-ANA 模块，西门子 6RA70 直流调速装置（280A），安装西门子主轴编码器 6FX2001-3CC50（5V/正弦波/2500 线）。

整套 611D 伺服装置配电源模块 36/47kW（6SN1145-1BA02-0CA1），西门子原装进线电抗器和滤波器。

X 轴：驱动电动机为 1FT6136-6AB71-4AA1（1500r/88N·m），功率模块 6SN1123-1AA00-0EA1（单轴 56/112A），控制模块（6SN1118-0DM33-0AA1），安装海德汉 LB382C 光栅尺。

Y 轴：驱动电动机为 1FT6134-6AB71-4AB1（1500r/75N·m），功率模块 6SN1123-1AA00-0DA1（单轴 28/56A），控制模块（6SN1118-0DM33-0AA1），安装海德汉 LB382C 光栅尺。

Z/W 轴：驱动电动机为 1FT6108-8AB71-4AA1（1500r/61N·m），功率模块 6SN1123-1AA00-0DA1（单轴 28/56A），控制模块（6SN1118-0DM33-0AA1），Z 轴和 W 轴各安装海德汉绝对值编码器（ROQ425/EnDat2.2/512 线多圈）。

需要注意的是，Z 轴全闭环的绝对值编码器信号从 Z/W 装置的第二测量口（-X421）接入，而 W 轴的绝对值编码器信号从 ANA 模块的第二轴测量口（-X102）接入。主轴编码器信号从 ANA 模块的第一轴测量口（-X101）接入。应将 ANA 模块的第二轴设为模拟轴（即没有相应的实际驱动及电动机），并让其在屏幕上不显示出来。

3. 参数设置说明

按上述系统的硬件配置及连接，设置好系统通用参数、通道参数及轴参数等。除此之外，应特别注意下列参数：

Z 轴：MD63750［0］=4——与第一根轴交换的轴号（4 表示是 W 轴）；
MD63750［1］=0——与第二根轴交换的轴号；
MD63750［2］=0——与第三根轴交换的轴号。

W 轴：MD30130=0；
MD30350=1。

4. PLC 控制程序说明

轴切换的接口信号

```
Network：1    轴进给倍率修调生效
SET
=    "Axis3-Z". A _ Oractive
=    "Axis4-W". A _ ORactive
Network：2    轴位置测量系统 2 选择
SET
=    "Axis3-Z". A _ PosMeas2
=    "Axis4-W". A _ PosMeas2
Network：3    轴脉冲使能控制
A    "611 伺服电源模块就绪"
A    "机床润滑就绪"
A    "Z/W 轴模块就绪"
=    "Axis3-Z". A _ PulseEnable
=    "Axis4-W". A _ PulseEnable
Network：4    Z/W 轴可切换的条件
AN   "Axis3-Z". E _ currentcontr
AN   "Axis4-W". E _ currentcontr
AN   "Axis3-Z". E _ speedcontr
AN   "Axis4-W". E _ speedcontr
AN   "Axis3-Z". E _ positcontr
AN   "Axis4-W". E _ positcontr
A    "Axis3-Z". E _ stat
A    "Axis4-W". E _ stat
A    "Axis3-Z". E _ AxisReady
A    "Axis4-W". E _ AxisReady
```

```
A      "Axis3-Z". A _ pulseEnable
A      "Axis4-W". A _ pulseEnable
A      "Axis3-Z". E _ motOK
A      "Axis4-W". E _ motOK
=      "Z/W 轴可切换条件"
Network: 5      切换到 Z 轴
A      "Z 轴选择按钮"
A      "BAG". E _ JOG
=      L0.0
A      L0.0
BLD 102
R      "Axis4-W". A _ ContrEable
A      L0.0
BLD 102
S      "Axis4-W". A _ Follow _ upMode
A      L0.0
A      "Z/W 轴可切换条件"
R      "Axis3-Z". f24 _ 5
R      "Axis3-Z". f24 _ 6
Network: 6      切换到 W 轴
A      "W 轴选择按钮"
A      "BAG". E _ JOG
=      L0.0
A      L0.0
BLD 102
R      "Axis3-Z". A _ ContrEable
A      L0.0
BLD 102
S      "Axis3-Z". A _ Follow _ upMode
A      L0.0
A      "Z/W 轴可切换条件"
S      "Axis3-Z". f24 _ 5
R      "Axis3-Z". f24 _ 6
Network: 7      Z 轴控制器使能及跟踪模式控制
AN     "Axis3-Z". f96 _ 6
AN     "Axis3-Z". f96 _ 5
=      L0.0
A      L0.0
FP     M33.1
```

```
S     "Axis3-Z". A _ ContrEnable
R     "Axis3-Z". A _ Follow _ upMode
Network：8    W 轴控制器使能及跟踪模式控制
AN    "Axis3-Z". f96 _ 6
A     "Axis3-Z". f96 _ 5
=     L0. 0
A     L0. 0
FP    M34. 1
S     "Axis4-W". A _ ContrEnable
R     "Axis4-W". A _ Follow _ upMode
Network：9    Z 轴切换成功检测
AN    "Axis3-Z". f96 _ 6
AN    "Axis3-Z". f96 _ 5
A     "Axis3-Z". E _ currentcontr
A     "Axis3-Z". E _ speedcontr
A     "Axis3-Z". E _ positcontr
A     "Axis3-Z". E _ AxisReady
A     "Axis3-Z". A _ pulseEnable
A     "Axis3-Z". E _ motOK
=     "Z 轴切换成功"
Network：10    W 轴切换成功检测
AN    "Axis3-Z". f96 _ 6
A     "Axis3-Z". f96 _ 5
A     "Axis4-W". E _ currentcontr
A     "Axis4-W". E _ speedcontr
A     "Axis4-W". E _ positcontr
A     "Axis4-W". E _ AxisReady
A     "Axis4-W". A _ pulseEnable
A     "Axis4-W". E _ motOK
=     "W 轴切换成功"
```

后续的 PLC 程序用上面的“Z 轴切换成功”、“W 轴切换成功”来控制 Z/W 轴切换离合器的动作，用离合器切换成功到位检测信号分别控制 Z、W 轴的轴禁止。

5. 轴参考点的问题

Z 轴及 W 轴都安装有绝对值编码器，其调整方法和普通带有绝对值位置检测元件的 NC 轴完全相同。由于是绝对值编码器，所以 Z 轴及 W 轴一旦调整好后，就不再需要进行返参考点的过程。

如果 Z 轴及 W 轴是增量式位置反馈元件，则每次完成轴切换后，就必须重新返回参考点建立坐标系，对于滑枕上正在使用附件铣头的情况，则使 Z 轴重新返回参考点就很麻烦。

6. 轴误差补偿的问题

轴反向间隙补偿及螺距误差补偿的方法和普通 NC 轴完全相同，对于绝对值位置检测元件，没有任何问题。对于增量式位置检测元件，当每次完成轴切换后，必须重新返回参考点后，误差补偿才生效。

7.3.3 加工中心的 840D 数控系统改造

1. 改造情况

某镗铣加工中心，原机床采用 SINUMERIK 8MC 系统，共有 9 个轴，带 60 位刀库和 5 位附件库，可以进行工件端面、侧面和工件深孔内加工，但经过长期的使用，刀库和机械手部分常有故障发生，机床加工能力大打折扣。

现采用西门子 840D 数控系统，对机床电气控制进行更新改造，其数控系统基本配置为 840DE。

NCU 模块：NCU572.3 ，315-2DP；

PCU50 单元：PIII566/256MBRAM，WindowsXP，1GB HDD；

系统显示器：OP010 操作面板，10″TFT（800×600）显示器；

MCP 控制面板：19″机械按键。

为方便操作引用原机床定义轴名。本机床主轴旋转运动为 SP 轴，床身工作台前后移动为 X 轴，主轴箱沿立柱垂直导轨上下移动为 Y 轴，滑枕垂直于 Y 轴导轨进出移动为 V 轴，平行于滑枕运动的主轴镗杆为 Z 轴，刀库平行于 Y 轴导轨旋转移动的为 CU 轴，平转盘左右移动为 U 轴。另外，将平行于滑枕运动方向的工件工作台移动作为 W 轴，工件回转工作台分度作为 B 轴。主轴采用 1PH7 电动机驱动，各进给轴均采用西门子 611D 交流伺服装置配合 1FT6 电动机驱动，伺服电动机自带电动机编码器。

所有轴均采用全闭环控制方式，其中 X、Y、W 轴因原机床 HIEDNHAIN 光栅尺 LB326 仍能使用，增加 SAE 转接头匹配全闭环电缆。B 轴使用 HIEDNHAIN 圆光栅。SP、Z、V、CU、U 轴使用 ROD 增量式编码器，其中 V 轴为精密尺条配 ROD 增量式编码器工作方式。各轴的主要技术参数见表 7-1。

表 7-1 加工中心各轴的主要技术参数

轴	电动机型号 （SIEMENS）	主要参数	反馈方式 （HEIDENHAIN）	进给范围
X	1FT6132-6AB71-4AA0	M=75N·m N=1500r/min P=14.9kW	全闭环 LB382C	1~1600r/min 快速 10000mm/min
Y	1FT6132-6AB71-4AB0	M=75N·m N=1500r/min P=14.9kW	全闭环 LB326	1~1600r/min 快速 10000mm/min
Z	1FT6105-8AC71-1AA0	M=50N·m N=2000r/min P=10.5kW	全闭环 ROD426A	1~1600r/min 快速 10000mm/min

（续）

轴	电动机型号（SIEMENS）	主要参数	反馈方式（HEIDENHAIN）	进给范围
V	1FT6105-8AC71-1AA0	M = 50N · m N = 2000r/min P = 10.5kW	全闭环 ROD466	1 ~ 1600r/min 快速 10000mm/min
U	1FT6024-6AK71-3AA0	M = 0.8N · m N = 6000r/min P = 0.5kW	全闭环 ROD466	1 ~ 1600r/min 快速 6000mm/min
CU	1FT6105-8AC71-1AB0	M = 50N · m N = 2000r/min P = 14.9kW	全闭环 ROD466	1 ~ 1600r/min 快速 10000mm/min
B	1FT6105-8AC71-1AA0	M = 50N · m N = 2000r/min P = 10.5kW	全闭环 ROD880	0.001 ~ 1r/min
W	1FT6132-6AB71-4AB0	M = 75N · m N = 1500r/min P = 11.8kW	全闭环 LB326	1 ~ 1600r/min 快速 10000mm/min
SP	1PH7184-2NF30-0AC0	M = 325N · m N = 1500r/min P = 51kW	全闭环 ROD466	0.001 ~ 1500r/min

2. 机床改造过程中遇到的问题

（1）远程控制与本地控制中的倍率解码

本机床主操作箱立于主轴箱走台上，并附带有 4 个小操作盒，分别为回转工作台操作盒、机械手操作盒、附件库操作盒、刀库操作盒。其中，回转工作台操作盒通过本地/远程切换能对 B 轴和 W 轴进行夹紧放松，点动速度和增量速度调整控制。

关于速度控制中自编轴倍率的分析：

首先在 MMC 的 OPI 面板中对倍率调整信号 IB3 进行解码（见表 7-2）。

表 7-2　倍率调整信号 IB3

字节	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
IB n + 3	E	D	C	B	A

当选择不同的倍率档位时 IB3 的变化见表 7-3。

表 7-3　调整后的 IB3

	0%	1%	2%	10%	50%	100%
A(I3.0)	1	1	0	0	0	0
B(I3.1)	0	1	1	0	1	1
C(I3.2)	0	0	0	1	1	0
D(I3.3)	0	0	0	0	1	1
E(I3.4)	0	0	0	0	0	1

然后再对本地操作盒倍率开关进行解码（PLC 程序略去）。

（2） 刀库中手动放刀的控制

使用刀库按钮站主要是为了方便人工放刀。当使用本地按钮对 CU 轴进行操作时，主操作站和手持单元、机械手站不允许操作，否则会产生冲突。人工放刀，使用时操作步骤如下：

首先主操作 MCP 面板切换到 JOG 方式（也就是手动方式）。

然后把刀库操作盒旋钮开关右旋到 LOCAL（本地），等待 5s 后激活本地操作，CU 轴进入 PLC 轴控制方式。

根据距离的要求选择是快速移动还是慢速移动，当按下启动按钮后激活对刀库轴的操作，如果选择的是快速移动（正点或反点），则一次移动 3 个节距，如果选择是慢速移动（正点或反点），则一次移动 1 个节距（节距数和距离可通过 PLC 修改）。当连续按下按钮则根据需要走对相应的节距。

确定刀具位定位后，按下松开按钮，刀具后释放被打开，此时可以放入刀具。

刀具放入后，按下夹紧按钮，刀具后释放被复位，即刀具被夹紧。需要注意的是，放刀完成后必须把旋钮开关右旋到 REMOTE（远程），使 CU 轴回到 NC 轴控制方式。

此操作过程中，步距功能通过 CALL FC15 实现，实际应用中 COPY FC15 的标准块建立 FC151、FC152、FC153、FC154，分别对应正向 1 节距、正向 3 节距、反向 1 节距、反向 3 节距。NC 轴和 PLC 轴的切换通过控制 DB3 *. DBX8. 4（轴切换激活使能）实现。

（3） 全闭环实现

本机床的全闭环基本囊括了几种常见的全闭环工作方式。带步距码的光栅尺 LB382C，不带步距码的光栅尺 LB326，圆光栅尺 ROD880 ，ROD 旋转编码器 400 系列，ROD 旋转编码器配精密齿条。调试时根据各自的性能特性匹配相关参数，鉴于原机床的机械特性比较良好，经过大修改造后，各轴实现全闭环动作均正常。

（4） 机械手配合刀库的流程实现

此机床刀库为直立链式刀库，分大刀和小刀位，机械手为液压电动机控制（见图 7-35）。

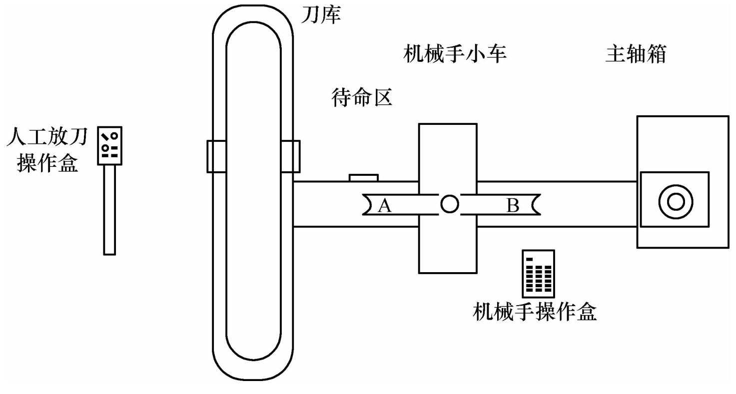


图 7-35　机械手配合刀库流程

表 7-4 所示是机械手小车在触发分步动作前在安全位的初始状态。

表 7-4　机械手小车状态

机械手小车状态	M88 拿新刀	M90 刀具交换	M92 还旧刀
机械手正转到位			●
机械手反转到位	●	●	
机械手插刀到位	●	●	●
机械手拔刀到位			
小车在待命区	●		●
A 爪无刀具	●	●	
B 爪无刀具	●		●
A 爪有刀具			●
B 爪有刀具		●	
A 爪夹紧	●	●	●
B 爪夹紧	●	●	●

其中●表示当前状态激活。

将换刀动作分解成 3 个步骤，

M88 从安全位到刀库拿新刀回安全位，简称拿新刀。

M90 从安全位到主轴进行刀具交换后回安全位，简称刀具交换。

M92 从安全位到刀库归还旧刀回安全位，简称还旧刀。

在编写 PLC 程序时为了能充分体现动作的唯一性和安全性，防止因为误操作而引入了时序的概念，即机械手小车的动作分两条线进行控制，一是实际的液压动作，二是时序的逻辑。一个动作一个时间段，当遇见突发事件时，按下 MCP 面板上的“RESET”按钮，机械手操作时序被复位，切断流程的进程，然后切换到机械手操作盒本地控制，确定没有安全隐患后将机械手小车开到安全位置，按下本地复位按钮，对自动运行中的机械手小车的未完动作进行复位。

针对该机床特点在对刀库的管理使用过程中运用了一些 UGUD 变量，即在用户区新建简易刀具表格，方便用户监测和更改相关数据。

查找方法如下：

首先进入 MMC 主界面→选择参数→用户数据。

然后选择界面右侧竖条的 GUD + 或 GUD-，选择 UGUD。

这样就可以看到表 7-5 所示的取刀/换刀变量。

表 7-5　取刀/换刀变量

TNO[0]	INT1
TNO[1]	INT2
TCU[0]	REAL1
TCU[1]	REAL2
TCU[2]	REAL3
……	……
TNU[60]	REAL60

其中，

TNO［0］表示取刀的变量代码，INT1 表示换新刀的刀号。

TNO［1］表示换刀的变量代码，INT2 表示还旧刀的刀号。即此时主轴上的刀具号，如果为 0 表示主轴上没有刀具。

TCU［1］表示 1 刀位的变量代码，REAL1 表示第 1 把刀的实际位置。

TCU［2］表示 2 刀位的变量代码，REAL2 表示第 2 把刀的实际位置。

其他的 TCU［n］依次类推。

TOOLSCHG 主程序专用于自动换刀，编程调用格式如下：

TNO［0］ =N

L500

M30

其中，N 表示对应的刀号（0 <= N <=60）。

L500 是换刀的主循环子程序。

0 表示只卸刀入库；1～60 表示将要上装的新刀刀号，系统将自动拆卸旧刀同时上装新刀，并将旧刀入库。如果主轴上原来无刀，则只将新刀装入主轴。

换刀的同时 MMC 上指示当前所处的换刀阶段。

（5）NC 程序和 PLC 的交互控制

为了使机床的控制具有更高的可靠性和安全性，很多时候需要 PLC 和 NC 的交互控制，如在换附件或刀具时利用 NCK 的外部数字输入 DB10 功能，可以将 PLC 信号作为 NC 的判断检测信号，变量$ A _ IN［n］的应用使程序的可控性更高。而在使用电液比例阀实现低头补偿功能时可以采用 NVCAR 功能读取 NC 数据，即轴的实际行程，将 NCVAR 读取的滑枕进给量通过 PLC 计算补偿曲线后输入到模拟量模块（如 SM334 模块），将数字量信号转换成模拟量 0～10V 电压输出，实现对比例阀的电压控制。

7.3.4 内铣机床的 840D 数控系统改造

1. 改造情况

图 7-36 所示的内铣机床是曲轴半精加工的主要设备。某曲轴内铣机床于 1980 年出厂，其数控系统严重老化，故障率高，维修困难，系统备件价格昂贵并且不易购买。为保证生产，现采用西门子 840D 数控系统对其进行了改造。

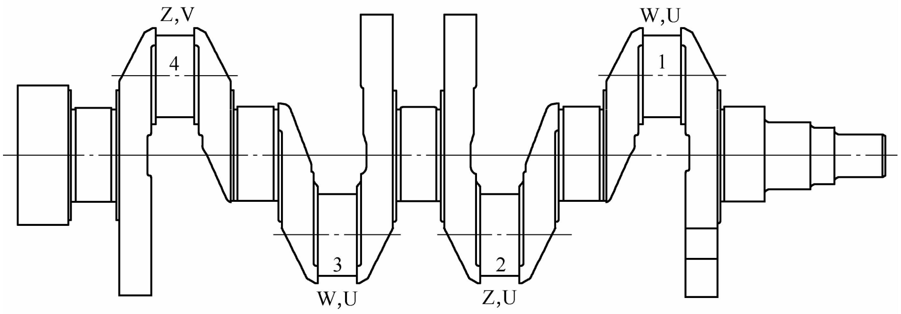


图 7-36 内铣机床四缸曲轴图

机床的配置为：直线轴 U、V、Z、W 和旋转轴 C。其中，V 轴和 Z 轴为关联轴（即 V 轴安装在 Z 轴上），U 轴和 W 轴为关联轴，用来加工四缸曲轴的连杆颈。机床带有一台上下料机械手（三轴），根据自动线及机床的状态在需要时进行自动上下料。

2. 系统硬件构成

系统硬件配置如图 7-37 所示。840D 系统采用 NCU572.2，配 MMC100.2。驱动采用西门子 611D 驱动，电动机采用西门子 1FT6 型电动机，保留原有的 HEIDENHAN LS704 测量系统。机械手保留原有的 Itramat 驱动器、电动机及测量系统，以 FM-NC 控制。FM-NC 通过 PROFIBUS 总线与 840D 系统连接，并进行通信。通过 PLC 程序处理，机械手的操作与机床同步，轴的控制在机床操作面板进行。

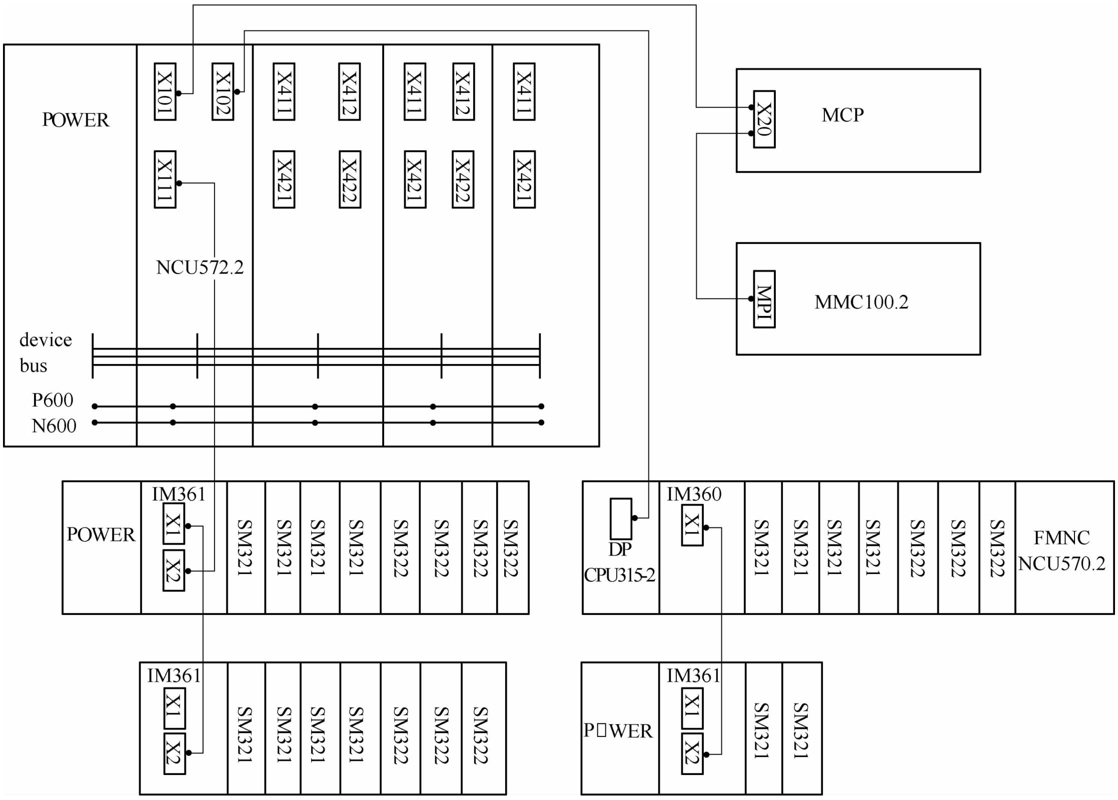


图 7-37 系统硬件配置

3. PLC 系统软设计

PLC 程序设计采用模块化编程，将机床起动条件、PLC 使能信号处理、轴控制、辅助功能、FMNC 与 840D 的通信处理、报警信息等系统及机床功能编制成不同的模块。程序结构合理、层次清晰、阅读查找方便。

在编程中主要解决了下面几个难题。

1）机床的 Z 轴和 W 轴之间没有限位开关，两轴之间的防撞只能通过软件实现。

编程思路如下：通过 PLC 读取 NC 变量，取得 Z 轴和 W 轴的坐标值，当 Z 轴坐标值为负时，Z 轴进入卡盘区，无碰撞可能；当 Z 轴坐标值为正时（右移），Z、W 轴坐标值之差的绝对值越大则 Z、W 轴靠得越近（注：W 轴向左为负方向），当超过设定的防碰撞值时，

系统报警。程序如下：

```
    A    M    256.0
    AN    DB34.DBX    64.7
    S    DB2.DBX    150.0                ；超程时报警
    …
    CALL    FB    2，DB121
    …
    NumVar ：  =2
    Addr1    ：  =DB120.C1_SMA_actToolBasePos3_2             ；读取Z轴坐标值
    …
    Addr2    ：  =DB120.C1_SMA_actToolBasePos4_2             ；读取W轴坐标值
    …
    RD1      ：  =MD240              ；Z轴坐标值
    RD2      ：  =MD244              ；W轴坐标值
    …
    A    DB33.DBX    60.5             ；Z轴同步
    A    DB34.DBX    60.5             ；W轴同步
    JCN    NOCP
    L    MD    240
    L    0
    >R
    JCN    zlqz                      ；Z轴坐标值为负时，无碰撞可能
    L    MD    240
    L    MD    244
    -R
    T    MD    248
    L    MD    248
    ABS
    T    MD    252
    L    MD    252
    L    DB81.DBD    40              ；设定的防撞值
    >=R
    =    M    256.0                  ；两轴坐标值的绝对值超过设定值时报警数据字
zlqz：NOP    0
```

2）为了操作方便，无论机床处在什么位置，要求按一个键机床各轴自动运行到规定的上下料位置。

编程思路如下：根据机床的结构，确定各轴的动作顺序，先运行U、V轴到刀盘的中心，再运行Z、W轴到各自的卡盘区内，最后C轴旋转到上下料位置。编程中各轴的移动通过分别调用FC15实现，以U轴为例，程序如下：

```
CALL   FC   15
Start    :  =M200.1              ;满足U轴移动条件
AxisNo   :  =1                   ;选择U轴
…
Pos      :  =DB81.DBD0           ;目标位置
FRate    :  =DB81.DBD4           ;运行速度
InPos    :  =M201.0
Activ    :  =M201.1
StartErr:  =M201.2
Error    :  =M201.3
```

3）机床对机械手的控制

由于机械手FMNC没有操作面板，对FMNC的控制主要通过机床操作面板执行。

机械手可以与机床联动自动运行，也可以单独操作。通过PLC编程，当机床选择各种运行方式时，FMNC通过PLC　NC接口数据也选择了与之相同的运行方式，然后只要通过机械手按钮盘上的选择开关选择运行方式即可确认机械手的运行方式。部分程序如下：

```
…
A    I          50.0      ;机床自动方式
A    I          1.5       ;面板旋钮
=    DB11.DBX   0.0       ;FMNC自动方式
A    I          50.1      ;复位
=    I          121.7     ;复位键
A    I          50.2      ;机床手动方式
A    I          1.4       ;面板旋钮
=    DB11.DBX   0.2       ;FMNC手动方式
A    I          50.3
=    DB11.DBX   1.2       ;回原点方式
A    I          50.4
=    DB11.DBX   1.6       ;Single block
A    I          50.5
O    I          5.2
A    I          1.5
A    I          50.0
=    DB21.DBX   7.1       ;NC Start
A    I          50.6
O    I          9.7
A    I          1.5
A    I          50.0
=    DB21.DBX   7.3       ;NC Stop
…
```

第8讲 西门子802/810D/840D数控系统的维护

【导读】

数据管理是数控设备调试、日常维护和维修的一种行之有效的手段。对于数控设备系统中的一些自身问题或者某些参数修改造成的设备故障，大多数都可以通过数据的重新装载进行快速恢复，以达到数控设备的正常运行。除此之外，如何能迅速找出故障、隐患，并及时排除，如何能维修好这些昂贵的设备，这是摆在数控维修人员面前的一道难题。本讲主要介绍了数控系统的数据管理、数控机床的故障诊断技术和技术答疑。

8.1 西门子810D/840D数控系统的数据管理

8.1.1 数据管理概述

平常所说的CNC系统数据管理主要包括PCU硬盘的备份和数据的一系列备份。PCU硬盘备份是指对整个硬盘的一个备份，而数据备份则分为NCK、PLC和HMI的备份。NCK数据主要包括机床参数、驱动参数和补偿数据；PLC实现机床的各种动作以及操作方式之间的联锁功能，包括OB、FB、FC、DB、SFB、SFC、SDB中的内容；HMI是人机对话软件。

图8-1所示为CNC系统的基本结构和联系。

8.1.2 硬盘备份的方法和步骤

硬盘备份一般是一台新设备交付使用时进行的备份，当硬盘出现问题，可以Restore（备份回装）到最初设置以及最初系统状况。因现在的系统都自带GHOST软件，可以直接在机床上操作。这里以840D的PCU50为例进行说明。

备份步骤如下：

1）对PCU重新启动，当SINUMERIK光标出现时，按向下方向键，光标将挪到一个无任何显示的位置，然后按回车（见图8-2）。

2）选择7. Restore/Backup，输入密码：Sunrise，再按输入键（见图8-3）。

3）选择4. Partitions Backup/Restore with GHOST（locally）（见图8-4）。

其中：选择1——利用GHOST进行整个硬盘的备份和恢复；选择4——利用GHOST进行硬盘分区的备份和恢复。

4）选择2. Partitions Backup，Mode LOCAL。

5）输入说明文字或文件名：Image Name or Dis Cription。

6）GHOST 完以后，利用网络连接或者 USB 接口，将 D：\ IMAGES \ 路径下的 4 个文件。

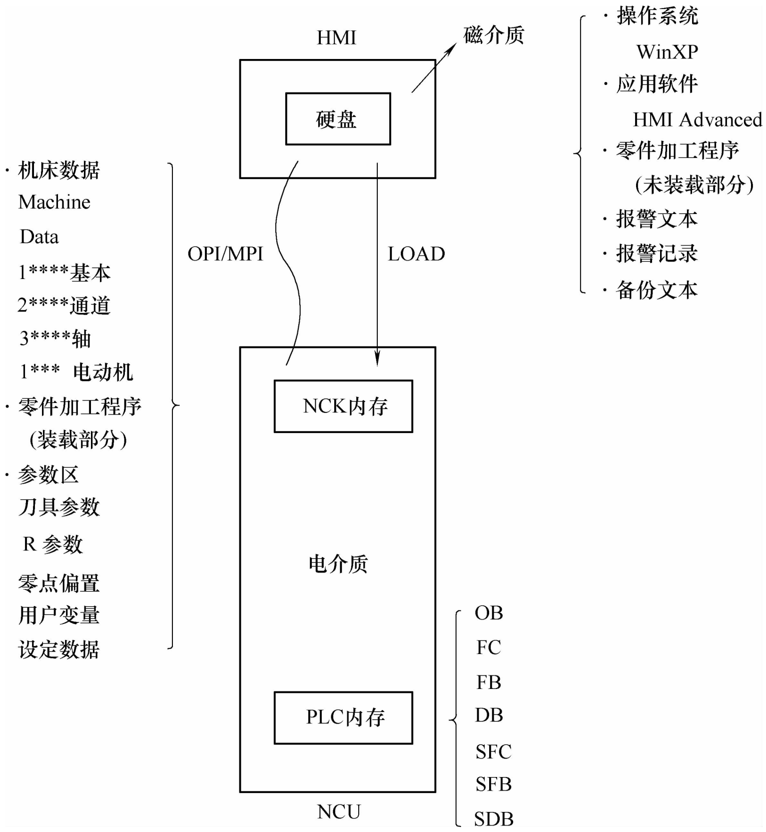


图 8-1　CNC 系统的基本结构和联系

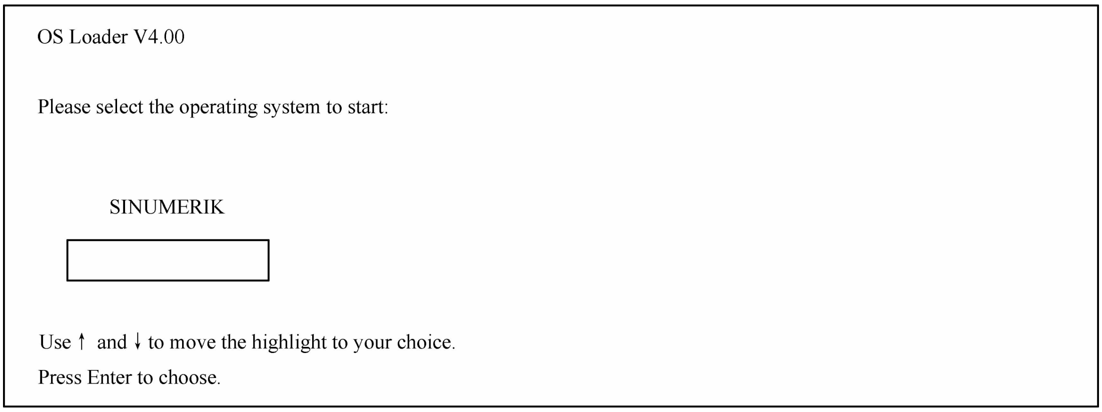


图 8-2　PCU 启动后的画面

```
SERVICEMENU V02.03.11

        PLEASE SELECT:
        1 Install / Update SINUMERIK System
        2 SINUMERIK Tools and Options
        3 DOS Shell
        4 Start Windows (Service Mode)
        5 SINUMERIK System Check
        7 Backup / Restore
        8 Start PC Link
        9 Reboot (Warmboot)
        A Actionlog

Your choice [1,2,3,4,5,6,7,8,9,A] ?
```

图 8-3　确认备份选项

```
GHOST-Support for Disks with more than 2GB

        PLEASE SELECT:

        1 Harddisk Backup / Restore with GHOST
        4 Partitions Backup / Restore with GHOST (locally)
        5 ADDM Backup / Restore

        9 Return to Main Menu

Your choice [1,4,9] ?
```

图 8-4　硬盘分区的备份和恢复

复制出来：BACKUP1. GH1；BACKUP1. GH3；BACKUP1. GH4；BACKUP1. INF。

注意，此备份只包括 C，E，F 盘中的内容。

备份文件的 Restore（备份回装），步骤和备份大致相同，只是在第四步中选择 3. Partitions Restore，Mode LOCAL。最后选择所需要 Restore 的文件。

当然硬盘备份的方式有很多种，还可以利用网线与电脑连接，将电脑的某一盘共享为 PCU 硬盘的网盘，然后可以进行全盘备份。或者直接将 PCU 硬盘拆下，通过一些接口的转接与电脑连接，一样的可以进行备份处理。

8. 1. 3　数据备份

数据备份主要包括 HMI、NCK、PLC 的备份，大致分为两种备份方式：系列备份和分区备份。

1. 系列备份

系列备份如图 8-5 所示。如果无扩展键显示，一般是权限不够，需要输入密码。

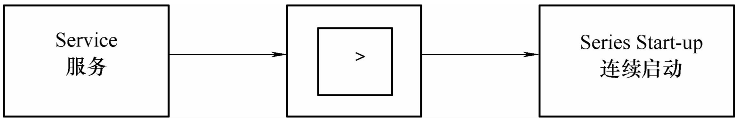


图 8-5　系列备份示意

然后在连续启动的画面下进行操作，如图 8-6 所示。

图 8-6　创建连续启动文档

再选择所需要备份的内容，并输入文档文件名称，最后点“SK 文档”，即进行备份，生成一个 *. ARC 的文件，如图 8-7 所示。

如果需要查看并复制出备份文件，要在 Service 区中的数据管理中进行，找到“文档”文件夹，在里面发现生成的 NCK20100528 文件（文件名仅为举例用），用 U 盘复制出，如图 8-8 所示。

注：这里 NCK 备份包括所有数据的备份和修改的数据备份，需在 MD11210 中修改，确定内容备份的方式。

2. 分区备份

分区备份只针对 NCK 数据进行备份，如图 8-9 所示为分区备份步骤。系列备份和分区备份的区别见表 8-1。

图 8-7 备份文档文件名

图 8-8 用 U 盘复制

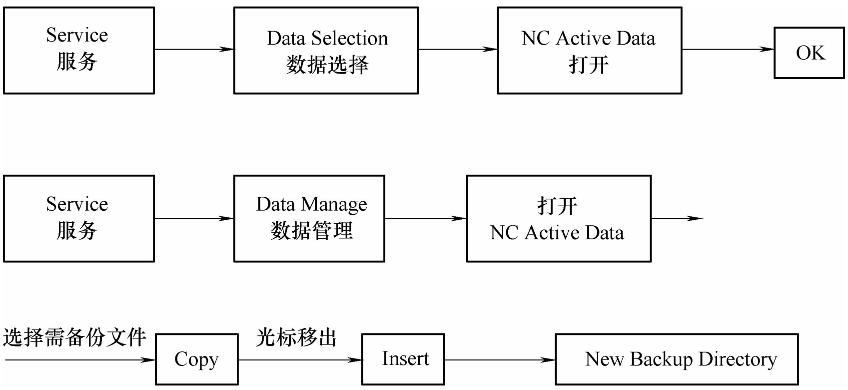


图 8-9　分区备份步骤

表 8-1　系列备份和分区备份的区别

	系列备份	分区备份
对象	NCK、PLC、HMI	NCK
类型	*. ARC	*. INI
其他属性	不能修改 Archive 只能回装相同版本 文件全	可修改 Saving of NC 能用于不同版本 不全

3. 系列备份和分区备份的回装

系列备份和分区备份的回装，如图 8-10 和图 8-11 所示。

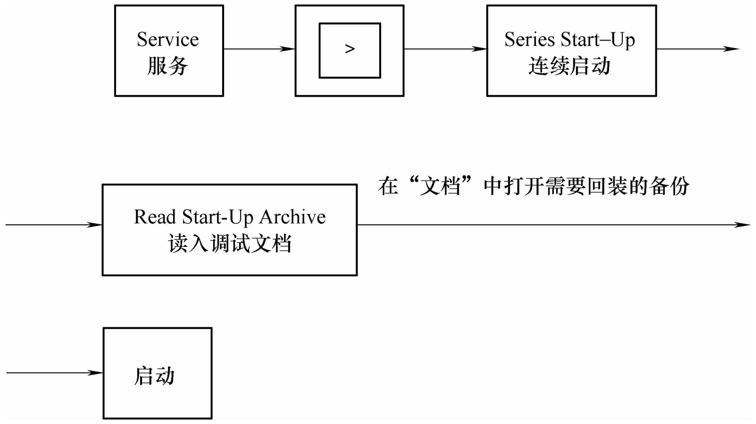


图 8-10　系列备份回装

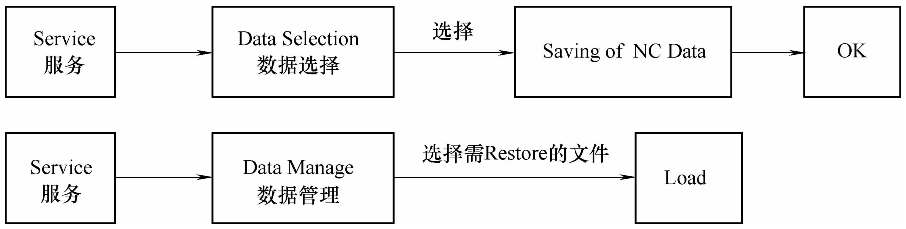


图 8-11　分区备份回装

8.2 数控机床的故障诊断技术

8.2.1 概述

数控机床在日常运行中经常会碰到一些问题或者故障，主要表现为主机故障或者是电气控制系统故障。

1. 主机故障

数控机床的主机通常指组成数控机床的机械、润滑、冷却、排屑、液压、气动与防护等部分。

主机常见的故障主要有：

1）因机械部件安装、调试、操作不当等原因引起的机械传动故障。

2）因导轨、主轴等运动部件的干涉、摩擦过大等原因引起的故障。

3）因机械零件的损坏、连接不良等原因引起的故障。

这些主机故障后，经常表现为传动噪声大、加工精度差、运行阻力大、机械部件不动作、机械部件损坏等。润滑不良，液压、气动系统的管路堵塞和密封不良，是主机发生故障的常见原因。

因此，数控机床的定期维护、保养和根除“三漏”现象是减少主机部分故障的重要措施。

2. 电气控制系统故障

根据使用的元器件类型，通常习惯将电气控制系统故障分为“弱电”故障和“强电”故障两大类。

“弱电”部分是指控制系统中以电子元器件、集成电路为主的控制部分。数控机床的弱电部分包括CNC、PLC、HMI以及伺服驱动单元、输入输出单元等。

“弱电”故障又有硬件故障与软件故障之分。硬件故障是指上述各部分的集成电路芯片、分立电子元件、接插件以及外部连接组件等发生的故障。软件故障是指在硬件正常情况下所出现的动作出错、数据丢失等故障，常见的有加工程序出错、系统程序和参数的改变或丢失、计算机运算出错等。

“强电”部分是指控制系统中的主回路或高压、大功率回路中的继电器、接触器、开关、熔断器、电源变压器、电动机、电磁铁、行程开关等电气元件及其所组成的控制电路。这部分的故障虽然维修、诊断较为方便，但由于它处于高压、大电流工作状态，发生故障的几率要高于“弱电”部分，必须引起维修人员的足够重视。

8.2.2 数控机床故障的性质分类

1. 确定性故障

确定性故障是指控制系统主机中的硬件损坏或只要满足一定的条件，数控机床必然会发生的故障。这一类故障现象在数控机床上最为常见，但由于它具有一定的规律，因此也给维修带来了方便。确定性故障具有不可恢复性，故障一旦发生，如不对其进行维修处理，机床不会自动恢复正常，但只要找出发生故障的根本原因，维修完成后机床立即可以恢复正常。

正确使用与精心维护是杜绝或避免故障发生的重要措施。

2. 随机性故障

随机性故障是指数控机床在工作过程中偶然发生的故障。此类故障的发生原因较隐蔽，很难找出其规律性，故常称之为“软故障”。随机性故障的原因分析与故障诊断比较困难，一般而言，故障的发生往往与部件的安装质量、参数的设定、元器件的品质、软件设计不完善、工作环境的影响等诸多因素有关。

8.2.3 数控系统自诊断

现代数控机床由于采用了计算机技术，软件功能较强，配合相应的硬件，具有较强的自诊断能力。

1. 开机自诊断

数控系统通电开机后，都要运行开机自诊断程序，对连接的各种控制装置进行检测，发现问题立即报警，例如检测备用电池电压是否达到要求，若电压低于要求，系统就会产生报警。

数控机床运行时，数控系统时刻监视机床的运行。数控装置对伺服系统、PLC 系统进行运行监视，发现问题及时报管，并且很多故障都会在屏幕上显示报警信息。在机床运行时，PLC 装置通过机床厂家编制的用户程序，实时监视数控冲床的运行，如果发现故障或者发出的指令不执行，会及时将相应的信号传递给数控装置，数控装置将会在屏幕上显示报警信息。

2. 在线诊断和离线诊断

在线诊断是指通过数控系统的控制程序，在系统处于正常运行状态下，实时自动对数控装置、PLC 控制器、伺服系统、PLC 的输入/输出以及与数控装置相连的其他外部装置进行自动测试、检验，并显示有关的状态信息和故障信息。数控系统除了在屏幕上显示报警信号和报警内容外，还实时显示 NC 内部标志寄存器及 PLC 操作单元的状态，为故障诊断提供了极大的方便。

离线诊断是当数控系统出现故障或者要判断是否真有故障时，停止加工，并停机进行检查。离线诊断的目的是修复系统和故障定位，力求把故障定位在尽可能小的范围，例如缩小到某一区域或者某一模块等。

8.2.4 数控机床故障的实用诊断方法

数控机床由于采用了机电一体化技术，技术先进、控制复杂，易出现故障，不掌握故障诊断与维修的方法，判断故障及维修的难度相当大。为了提高维修效率，下面介绍常用的故障诊断方法。

1. 了解故障在什么情况下发生

当发生故障时，为了更快的恢复机床，首先应正确地把握故障情况，进行妥善处理是最主要的，因此应根据下列内容确认故障情况。图 8-12 所示为故障处理流程。

(1)“何时”发生的故障

故障发生的日期及时间。

是否是运行时发生的（运行多久发生的）。

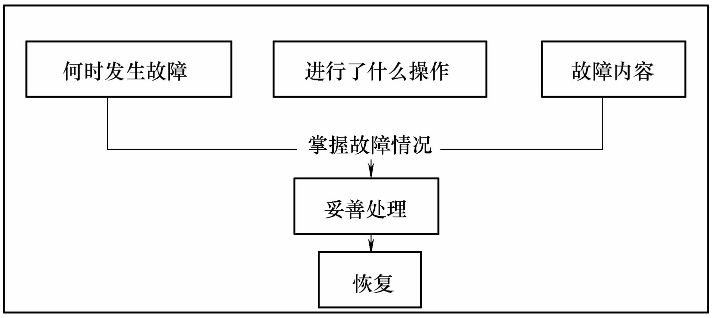


图 8-12 故障处理流程

是否在打雷、停电或对电源有干扰时发生的。

多次出现（发生的频率，几次/小时，几次/日，几次/月）。

（2）“进行了何种操作”后发生的故障，发生故障时 CNC 的运行方式

（JOG 方式/存储器（MEM）方式/MDI 方式/远程运行方式（RMT））程序运行时的情况…

1）发生故障时程序执行到什么位置。

2）程序号/顺序号。

3）程序的内容。

4）是否在轴移动中发生的。

5）是否在 M/S/T 代码执行中发生的。

6）发生故障时是否在执行程序，在此进行同样的操作是否发生同样的故障（确认故障的在现性），是否在输入/输出数据时发生故障。

当发生与进给轴伺服有关的故障时：

1）是否在低速进给、高速进给时都发生故障。

2）是否某一特定轴移动时发生的故障。

3）发生了与主轴有关的故障时，主轴是否运行在加/减速状态。

（3）发生的故障现象：画面显示是否正常，报警画面显示的内容

如果加工尺寸不准确：

1）误差大小。

2）位置显示画面的尺寸是否正确。

3）偏置量设定是否正确。

（4）关于其他信息

装置附近是否有干扰发生源：故障发生频率低时，考虑电源电压的外部干扰因素的影响，要确认在同一电源上是否还连接其他机床及焊机，如果有，应检查故障发生时，是否有设备在起动（或运行）。

在机床方面，对干扰是否采取措施。

对于输入电压应确认：

1）电压有无变动。

2）有无相间电压。

3）是否供给标准电压。

2. 根据报警信息进行故障诊断

现在的数控系统自诊断技术越来越先进，许多故障数控系统都可以检测出来，并产生报警及给出报警信息。当数控机床出现故障时，有时在显示器上显示报警信息，有时在数控装置上、PLC 装置上和驱动装置上还会有报警指示。这时要根据西门子数控手册对这些报警信息进行分析。

另外，机床广家设计的 PLC 程序越来越完善，可以检测机床出现的故障并产生报警信息。所以在机床出现报警时，要注重报警信息的研究和分析，有些故障根据报警信息即可判断出故障的原因，从而排除故障。

3. 利用 PLC 的状态信息诊断故障

很多数控系统都有 PLC 输入、输出状态显示功能。利用这些功能，可以直接在线观察 PLC 的输入和输出的瞬时状态，这些状态的在线检测对诊断数控机床的很多故障是非常有用的。

数控机床出现的大部分故障都是通过 PLC 装置检查出来的。PLC 检测故障的机理就是通过运行机床厂家为特定机床编制的 PLC 梯形图，根据各种输入、输出状态进行逻辑判断，如果发现问题，产生报警并在显示器上产生报警信息。所以对一些 PLC 产生报警的故障，或一些没有报警的故障，可以通过分析 PLC 的梯形图对故障进行诊断，利用梯形图显示功能或者机外编程器在线跟踪梯形图的运行，可提高诊断故障的速度和准确性。

【实例】 某配置 802D 数控系统的立式加工中心，开机后显示“ALM3000”，机床无法正常起动。经初步检查，机床工作台均处在正常位置（未超程），所有急停开关均已复位，且机床外部 I/O 输入对应的信号触点已接通。根据以上情况，可以认为机床急停的原因与机床的状态无关。通过 PLC 诊断页面检查，发现 PLC 的全部机床输入信号均为“0”状态，因此初步判断故障原因在 I/O 信号的输入信号的公共电源回路上。打开电气柜后检查发现，该机床的 DC24V 断路器已跳闸，进一步测量 24V 输出未短路，合上断路器后，机床工作恢复正常。

4. 利用机床数据维修机床

数控机床有些故障是由于机床数据设置不合理或者机床使用一段时间后需要调整而未调整造成的。遇到这类故障将相应的机床数据做适当的修改，即可排除故障。

【实例】 一台采用西门子 840D 数控系统的磨床，在磨削加工时发现，有时输入的刀具补偿数据在工件上反映的尺寸没有变化或者变化过小。根据机床工作原理，在磨削加工时 Z 轴带动砂轮对工件进行径向磨削，X 轴正常时不动，只有要调整球心时才进行微动，一般在往复 0.02mm 范围内运动，因为移动距离较小，可能丝杠反向间隙会影响尺寸变化。在测量机床的往返精度时发现，X 轴在从正向到反向转换时，让其走 0.01mm，而从千分表上看没有变化；X 轴在从反向到正向转换时，亦是如此。因此怀疑滚珠丝杠的反向间隙有问题，研究系统说明书发现，数控系统本身对滚珠丝杠的反向间隙具有补偿功能，根据数据说明，调整机床数据 MD32450 等关于反向间隙的补偿数值，使机床恢复了正常工作。

5. 单步执行程序确定故障点

很多数控系统都具有程序单步执行功能，这个功能是在调试加工程序时使用的。当执行加工程序出现故障时，采用单步执行程序可快速确认故障点，从而排除故障。

【实例】 一台采用西门子 840D 系统的数控磨床，在机床调试期间，由于误操作将数控装置的数据清除，重新输入机床数据和程序后，进行调试；在加工工件时，一执行加工程序数控系统就死机，不能执行任何操作，关机重新启动后，还可以工作，但一执行程序又死机。怀疑加工程序有问题，但没有检查出问题，并且这个程序以前也运行过。当用单步功能执行程序时，发现每次死机都是执行到子程序 L110 的 N220 时发生的，程序 N220 语句的内容为 G18D1，是调用刀具补偿，检查刀具补偿数据发现是 0，没有数据。根据机床要求，将刀具补偿值 P1 赋值 10 后，机床加工程序正常执行，再也没有发生死机。

6. 直观观察法

直观观察法就是利用人的手、眼、耳、鼻等感觉器官来寻找故障原因。这种方法在维修中是非常实用的。

【实例】 一台淬火机床，在开机回参考点时，Y 轴不走，观察故障现象，发现在让 Y 轴运动时，Y 轴不走，但屏幕上 Y 轴的坐标值却正常变化，并且观察 Y 轴伺服电动机也正常旋转，因此怀疑伺服电动机与丝杠间的联轴节损坏。拆开检查确实损坏。更换新的联轴节后故障消除。

7. 测量法

测量法是诊断机床故障的基本方法，当然对于诊断数控机床的故障也是常用的方法。测量法就是使用万用表、示波器、逻辑测试仪等仪器对电子线路进行测量。

【实例】 一台采用西门子系统的外圆磨床，在起动磨轮时，出现 7021（GRINDING WHEEL SPEED）号报警，指示磨轮速度不正常，观察磨轮发现速度确实很慢。分析机床的工作原理，磨轮主轴是通过西门子 611U 伺服模块 6SN1123-1AA00 控制的，而速度给定是通过一滑动变阻器来调节的。这个变阻器的滑动触点随金刚石滚轮修整器的位置变化而变化，从而用模拟的办法保证磨轮直径变小后，转速给定电压提高，磨轮转速加快，使磨轮的线速度保持不变。测量伺服模块的模拟给定输入 56 号和 14 号端子间的电压，发现只有 2.6V 左右。因为给定电压低，所以磨轮转速低。更换该变阻器后，机床故障消除。

8. 互换法确定故障点

有些关于系统的故障，由于涉及的因素较多，比较复杂，采用互换法可以快速准确定位故障点。

【实例】 一台数控车床出现故障，主轴旋转时，出现 7006 号报警，指示主轴速度超差，观察主轴确实也旋转了，但屏幕上没有显示主轴实际转速，因此怀疑主轴编码器有问题，将该机床的主轴编码器与另一台机床的主轴编码器对换，另一台机床出现 7006 号报警，从而确定为主轴编码器损坏。

9. 原理分析法

原理分析法是排除故障的最基本的方法，当其他检查方法难以奏效时，可以从机床工作原理出发，一步一步地进行检查，最终查出故障原因。

8.3 技术答疑

8.3.1 802D sl 技术答疑

【问题 1】 怎样屏蔽 S120 驱动器？

改相应轴的机床数据 MD 30130 = 0，30240 = 0 可屏蔽 NC 轴。

改相应轴的驱动数据 P0105 = 0，通过 P971 = 1（变 0 后保存完成）保存完成后，该驱动被屏蔽。这意味着系统不监测这个驱动器了。例如，屏蔽驱动器后，拔掉电动机接头，上电后系统也不会有任何反应。

【问题 2】 怎样在系统上看到详细的驱动器报警信息？

通常 NC 报警都能即时显示，而驱动器有报警时，系统显示对应的 NC 反应报警，驱动报警以“Alarm380500 code%%%”的方式出现。

将机床数据“MD13150 SINAMICS _ ALARM _ MASK”的值由默认“909”改为“D0D”。这样驱动器报警号和报警内容都能显示在 802D sl 上，报警号以“2”开头的六位数出现。

【问题 3】 循环文件如何进行后装入？

有些用户在机床调试初期没有安装初始化文件。故在加工时没有 GUD 和 Siemens Cycle 使用。

如果后来需要使用 GUD 和 Siemens Cycles，可按以下步骤执行安装：

1）将目录 Tool Box \ V01040100 \ Techno 下的 sgud. ini 复制到 802D sl 的 Data 文件夹。

2）将目录 Toolbox 802D _ sl \ V01040100 \ Techno \ Milling \ Cycles 下的 cycmill. spf（包含铣床版所有 Cycle 的子程序）复制到 802D sl 的 CST 文件夹。

【问题 4】 CF 卡使用时应注意哪些事项？

CF 卡使用时在读取数据没有完成时不能拔出，否则可能会造成系统异常。市面上 CF 卡种类较多，推荐使用 SANDISK 牌的 CF 卡。CF 卡容量 2G 肯定没有问题。

【问题 5】 DriveCliQ 线是否能用普通网线替代？

DriveCliQ 线不能用普通网线替代。

S120 上的 DriveCliQ 线有两种。一种是驱动器之间的连接线，此线和普通网线排列相同。另一种是驱动器和电动机之间的连线，这种线内部有 24V 电源提供。

DriveCliq 线是 Category7 标准的传输电缆，每组双绞线和整个电缆都有高规格的屏蔽。比普通网线（Category5）在抑制串扰（crosstalk）和系统噪声（system noise）方面有更高的能力。

【问题 6】 PCU 液晶屏不亮时如何进行紧急处理？

802D sl 的 PCU 如果是液晶屏不亮，则在更换 PCU 时，可以通过同时按“CTRL” + “S”键将原来的 NCPLC 和 HMI 备份到 CF 卡中。这种方法没有权限限制。

【问题 7】 S120 出现电网识别问题，该如何处理？

当用户电网环境较差时，会对 S120 驱动有影响，出现 alarm 230002，alarm206205 关于驱动器的报警。

这种情况可以通过手动进行电网识别来解决：断掉使能→在驱动参数中找到电源模块的参数 P3410→将该参数由 0 改为 5→加上驱动使能（这时可以听到电流声，同时 r3411 和 r3412 的数值在跳动）→几分钟后 P3410 的数值自动变为 0→识别完成。

【问题 8】 系统长期断电后数据丢失该如何处理？

802D sl 的数据存储在由电容供电的 RAM 中，当系统断电大于 60h，可能会因为电容电量耗尽而丢失数据。

所以建议长期关机前通过按“Save data”键对数据做内部保存。

系统经长期断电开机后，如检测到数据丢失，则会自动装入内部保存的数据（802D sl V1.4 Sp1）。装入过程需要一段时间。

【问题9】 S120驱动器冷却风扇不转，是什么原因？

对于带有内冷风扇的S120驱动器及电源模块，当内部温度超过大约55℃时，风扇开始工作，风向自下而上。如出现Alarm230004的驱动器报警，可检查是否超温后风扇不转，以及风扇是否被油污染。

【问题10】 S120的SMI如何更换？

应用于S120驱动的电动机，都带有匹配DriveCliQ接口的SMI。

对于经常使用冷却液的设备，如果电动机位置安装不当，SMI可能会受到污染，出现诸如Alarm 231897、Alarm 231885、Alarm 201482 、Alarm 207565 之类的报警。

这种情况可以通过更换SMI来解决。

SMI的订货号是和电动机匹配的，原则上SMI使用时需要根据电动机的订货号和序列号写入数据。实际中，同订货号的电动机的SMI是可以互换的。

【问题11】 如何修改MM开头的机床数据？

修改MM开头的机床数据会引起缓冲内存的重新分配。直接重启会丢失所有加工程序，包括循环、刀具数据、零点偏置、螺距补偿等数据。这种情况在帮用户增加功能时可能会遇到。例如修改MD18080 MM _ TOOL _ MANAGEMENT _ MASK，增加“刀具监控”功能。

修改完这类数据后需立即做NC/PLC.arc备份，然后回装。

8.3.2 手轮故障技术答疑

【问题12】 手轮不能用或手轮出现脉冲丢失现象。

其原因主要有三方面：手轮本身故障；参数问题；PLC设置。

手轮通常用的信号为：5V、0V、A、B、A－、B－。在手轮正常连接和系统正常情况下用万用表测量0对5V的电压是否正常，0对A、B、A－、B－等各信号的状态。在测量该状态时AB对0V通常有几伏的直流电压。A－B－对零状态正好相反。在此时摇动脉冲发生器，有电压指示的应该向0V摆动。0V的应该向正电压方向摆动。这些现象是不受PLC和参数控制的。在此状态则为硬件正常。

若手轮在摇动时不是每个档位都有，如×10、×100档位状态相同即每触发一个脉冲都是走相同的距离，或常见的如802D中×100档位每一个脉冲走的距离不是整数等现象，要查找相关手轮的参数手册进行相应调整。

对于PLC问题，首先要诊断界面监控轴选择信号和倍率选择信号是否正常？在接口信号与PLC设置相符时，查看PLC的状态是否符合该系统手轮设置方式（具体详见西门子说明书）。

【问题13】 手轮有时好用有时不好用，没有规律。

怀疑是手轮内部或手轮延长线的阻值太大，通过更换备用线来解决。

8.3.3 840D技术答疑

【问题14】 840D报警27012，NC无法上电，该如何处理？

Y 轴超出$ MA _ SAFE _ POS _ MINUS 设定的值，所以报 27012，但是将 $ MA _ SAFE _ POS _ MINUS 数值改小后再将机床上电，出现 NC 面板上的按钮灯都不亮的情况，界面显示 NC not Ready，将$ MA _ SAFE _ POS _ MINUS 再改回原来的数值就又好了，但是 NC 还是不能上电。只改一组参数是不够的，在 NC 和 DRIVE 里两个参数都要改一致。

用户报警是从 700000 开始的，因为是对应于 DB2. DBX180. 0 开始的。可以通过以下办法来迅速找到 DB 数据块中的报警点。

180(初始报警点) + (中间两位数乘以 8) + (后两位数除以 8 的商 + 小数点 + 余数)

举例：报警号 701661

180(初始报警点) + 16 * 8(中间两位数乘以 8,8 进制算法) + 61/8(后两位数除以 8 = 商加小数点 + 余数,比如此为商 7 余 5) = 180 + 128 + 7. 5 = 315. 5,所以 701661 的报警位为 DB2. DBX315. 5。

【问题 15】 840D 绝对编码器如何进行回参考点设置?

机床采用绝对编码器使测量系统能在断电之后记住机床的坐标，不需要每次上电后回参考点，这就是采用绝对编码器的好处，但是注意同样容量的电动机采用绝对编码器时会比采用普通的增量编码器的容量降 10%，这是选用带绝对编码器电动机时需要注意的。

绝对编码器分为多圈和单圈的，如果用绝对编码器作为直线轴的测量系统，必须采用多圈的，常用的为 4096 圈。注意在机床轴的整个行程中，编码器旋转的圈数不能超过 4096 圈，否则会造成断电后无法记忆机床的坐标。

(1) 电动机采用绝对编码器时参数的配置

在选择电动机型号的时候，注意选择编码器的类型为绝对编码器。

MD30240[0] =4 反馈编码器类型

MD34000[0] =0 回参考点模式

(2) 第二测量系统采用绝对编码器参数的配置

MD30240[1] =4 反馈编码器类型

MD34000[1] =0 回参考点模式

(3) 绝对编码器回参考点的步骤

1) 设 MD34210 =1;

2) 将机床切换到 JOG-FEF (手动回参考点方式)，按一下机床面板上的“RESET”键，然后按住轴移动方向键“ + ”(当 MD34010 =1 时按“ + ”，若 MD34010 =0 时按“ - ”)，此时机床不移动，并将侧位置设为机床零点，即坐标显示为零并出现回参考点完成的标志，数控系统会自动将偏置写到 MD34090 中，回参考点后 MD34210 变为 2，回参考点成功。

1030 =8 复位然后查看 1007，将其中的数值填入 31020 中。

【问题 16】 如何进行 840D 轴屏蔽?

在调试和维修的过程中我们需要对某个轴进行屏蔽，该轴的 NC 相关报警消失，驱动上所连接的动力电缆、编码器电缆、光栅尺电缆都可以断开，对于维修和调试很方便，具体方法如下：

MENU SELECT→启动 (调试) →机床数据→轴 MD→通过垂直软件“轴 + ”和“轴 - ”进行轴的切换，找到想屏蔽的轴，修改以下参数：

30130 =0

30240[0]=0

30240[1]=0

然后进行以下操作：

MENU SELECT→启动（调试）→机床数据→驱动配置→将要屏蔽的轴的驱动器“激活”改为否，通过“SELECT”键进行“是”和“否”的切换，更改完成后按垂直软件“存储”。

最后进行“NCK RESET”。

【问题17】 840D轴测量系统如何切换？

一般每个轴有两套测量系统：电动机编码器和第二测量系统（光栅尺、编码器、圆光栅等）。

在调试的过程中会进行轴测量系统的转换，具体方法如下：

（1）切换到第一测量系统（即电动机编码器）

将要切换的轴参数：MD30200=1。

在PLC中将PLC信号DB3X…DBX1.5置“1”（这里的X为轴号，第一个轴即为DB31.DBX1.5）。

（2）切换到第二测量系统

将要切换的轴参数：MD30200=2。

在PLC中将PLC信号DB3X…DBX1.6置“1”（这里的X为轴号，第一个轴即为DB31.DBX1.5）。

DB3X…DBX1.5置“0”（一定要将此信号置0，否则还为第一测量系统有效）。

做了以上处理后，可以在“诊断”中看到那个测量系统有效。

一般的机床厂家会对这两个信号做处理，用一个M变量来置和清这两个信号来实现测量系统的切换，这样使用起来比较方便。以下给出一个PLC例子。

```
A M10.1
S DB31.DBX1.5
R DB31.DBX1.6
AN M10.1
S DB31.DBX1.6
R DB31.DBX1.5
```

在上述例子中，当M10.1为0时第二测量系统有效，当M10.1为1时第一测量系统有效。这样只需在操作面板上更改M10.1，然后更改轴参数即可实现测量系统的切换。

8.3.4 611U系列伺服驱动器技术答疑

【问题18】 驱动器没有操作系统。

原因：存储模块内没有驱动器操作系统。

排除：—通过SimoCom U加载驱动器操作系统；

—插装带有驱动器操作系统的存储模块。

确认：接通电源。

【问题19】 电流和速度设置点滤波器的数值错误。

原因：一个非法的电流设置点滤波器数值被输入（ >4，max 数值 =4）或者一个不允许的速度设置点滤波器数值被输入（ >2，max 数值 =2）。

排除：输入正确的电流设置点滤波器数值（P1200），或者输入正确的速度设置点滤波器数值（P1500）。

确认：接通电源。

【问题 20】 激活交叉任务和 JOG 同时进行。

原因：因为“激活交叉任务”和“JOG1”或“JOG2”输入信号，一个上升沿被同时识别。在 POWER—ON 或 POWER—ON RESET 上，如果两个输入信号都是“1”，则两个信号相同将被发现。

排除：复位两个输入信号，在故障明确之后重新启动所要的功能。

确认：故障存储器重新置位。

【问题 21】 往返范围初始或终点极限到达。

原因：命令 ENDLOS—NEG（ -200 000 000 MSR）或者 ENDLOS—POS（200 000 000 MSR）在块中使坐标轴转向移动到极限。

排除：—确认故障；

—向正或负的方向驱动。

确认：故障存储器重新置位。

【问题 22】 控制器或脉冲启动在运动中取消和退出。

原因：可能是下述两个原因之一：

1）下列启动信号在运动中取消：端子 48、63、64、663、65. x，PROFIBUS 启动信号，从 SimoCom U 的 PC 启动。

2）其他导致控制器或脉冲启动取消的故障。

排除：设置启动信号并检查首次故障和退出的原因。

确认：故障存储器重新置位。

【问题 23】 随动误差太高。

原因：可能的原因是：

—驱动转矩或加速能力过载；

—定位测量系统故障；

—位控检测不正确（P0231）；

—机械装置故障；

—过度的往返速度或过度的定位设置。

排除：检查上述原因并排除。

确认：故障存储器重新置位。

【问题 24】 电动机转子电阻 \ %d 非法

原因：电动机的转子电阻（P1138，冷的）不正确（低于或等于零）。

排除：决定使用电动机的冷转子电阻，输入到 P1138。

三组电动机：

下面的参数可能有不正确的值：

P1001（速度控制周期）

P1134（额定电动机频率）

P1138（转子电阻）

P1139（泄漏定子电抗）

P1140（泄漏转子电抗）

检查参数，如需要用电动机数据表改正。

西门子电动机：

当冷时用电动机编码表决定转子电阻。

确认：故障存储器复位。

【问题25】 TTL编码器接口没有正确参数化。

原因：对这种特定的硬件版本，TTL编码器接口可能仅被参数化成如下所示：

Drive A：P0890 = 0或4，0：待用接口，4：TTL编码器输入

Drive B：P0890 = 0

排除：将P0890设定为允许值。

确认：接通电源。

【问题26】 电动机提前过热报警。

原因：电动机温度通过一个温度感应器测量（KTY84），估测驱动器一边获得。电动机温度达到报警门限温度，则报警。

排除：——当相互间行驶速度很快时，避免加速、刹车等操作；

——检查电动机输出是否合适，否则换一大功率输出电动机配一高负荷发电装置；

——检查电动机数据，错误的电动机数据可能导致电动机电流过高；

——检查温度传感器；

——检查电动机风扇。

确认：无需。

参 考 文 献

[1] 李方园，李亚峰．数控机床电气控制简明教程［M］．北京：机械工业出版社，2011.
[2] 李方园．维修电工技能实训［M］．北京：中国电力出版社，2009.
[3] 王洪波．数控机床电气维修技术—SINUMERIK81K/840D 系统［M］．北京：电子工业出版社，2007.
[4] 赵俊生．数控机床电气控制技术基础［M］. 2 版．北京：电子工业出版社，2009.
[5] 人力资源和社会保障部教材办公室．数控机床电气装调与维修［M］．北京：中国劳动社会保障出版社，2012.
[6] 王丽茹．采用西门子 840 D 数控系统改造大型数控卧车［J］．制造技术与机床，2009（7）．
[7] 刘洪强，等．西门子 802D sl 数控系统配置 1FT7 电动机的研究［J］．制造技术与机床，2012（5）．
[8] 王安军，等．西门子 802D 数控系统在 DPS1800 车床数控改造中的应用［J］．制造技术与机床，2010（6）．
[9] 叶远明．西门子 840D 数控系统的设定值交换功能在设备改造中的应用，中国传动网．
[10] 李培志．西门子 840D 系统在 PAMA140 加工中心改造中的应用，中国传动网．
[11] 石青辉，等. SIEMENS 840D 系统在内铣机床改造中的应用，中国传动网．
[12] 西门子公司．SINUMERIK 802D Solution Line PLC 子程序库说明技术手册．2009.
[13] 西门子公司．SINUMERIK 802D 简明调试指南．2004.
[14] 西门子公司．SINAMICS S120 调试手册. 2006.
[15] 西门子公司．同步伺服电动机 1FT6 设计说明. 2011.
[16] 西门子公司．SINUMERIK 840D sl 简明调试指南．2010.
[17] 西门子公司．SINUMERIK 840D/840Di/810D 手册．2004.

电工实用工具书系列

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	实用电工手册	36408-5	188	201204
2	简明实用电工手册(第3版)	37061-1	49.8	201206
3	电工实用技能手册(第2版)	32980-0	98	201201
4	维修电工技能手册(第2版)	29264-7	88	201106
5	简明农村电工手册(第2版)	31135-5	19.8	201104
6	袖珍简明电工手册	32981-7	10	201107
7	电气技师实用手册	18720-2	80	200711

电工口诀类

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	电力施工及用电安全口诀	35043-9	19.8	201108
2	静电安全防护要诀(第2版)	33171-1	23	201103
3	电工安全禁忌口诀	33015-8	20	201103
4	电工口诀(第3版)	29416-0	24.8	201205
5	农电安规速记口诀	26764-5	10	201205
6	电气线路安装与检修要诀	23125-7	20	200806
7	电工安全知识要诀	21583-7	13	200902

轻轻松松学电工系列

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	电工技能9天速成	38894-4	29	201208
2	电动工具维修速成	38143-3	44.8	201207
3	运行电工操作要点与操作实例	38389-5	28	201207
4	内线电工实用操作技术	37332-2	44	201205
5	家装电工上岗技能一本通	37966-9	36	201206
6	维修电工从业上岗一本通	36861-8	29.8	201202
7	电焊工从业上岗一本通	37118-2	38	201203
8	初中级电焊工上岗应试必读	37701-6	38	201205
9	电焊工工艺与操作技术	27609-8	45	201011
10	电工技能随身读	35768-1	28	201206
11	图说电工识图入门	35631-8	29.8	201110
12	图说万用表使用入门	35279-2	33	201111
13	图说电工实用技能入门	34722-4	39.8	201108
14	常用电工技能一本通	34515-2	29.8	201208
15	常用电动工具使用维护修理速成	34771-2	49.8	201107

（续）

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
16	从零开始学电工	30676-4	39.8	201205
17	电工检修一点通	30304-6	26	201206
18	电工入门一点通	30405-0	28	201204
19	诗画学电工	29776-5	26	201102
20	怎样做一名合格的电工(第2版)	29415-3	40	201003
21	电工技能快速入门	27400-1	28	201003
22	工业企业供电实用技术速培指南	26795-9	40	200907
23	低压电器应用技术	27237-3	39	201101
24	电工实习教程	23264-3	29.5	201206
25	电类课程实操技能训练教程	23270-4	26	200802
26	维修电工职业技能鉴定、操作技能试题精编	27564-0	30	200909
27	电工安全操作禁忌实例	24378-6	18	200808

电路实例系列

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	实用电路速学速用宝典	32744-8	99	201101
2	实用电路手册	28151-1	88	201009
3	中国十大行业常用电路	28351-5	28	201101
4	新编电工实用电路集萃	27921-1	39	201101
5	高级电工实用电路500例(第2版)	29434-4	49	201006
6	电工实用电路300例	28615-8	19	201104
7	新编实用电工电路300例	20099-4	20	200807
8	电子实用电路300例	31250-5	19	201110
9	实用电路天天学	30132-5	25	201102
10	一天一个好电路	22937-7	36.5	200806
11	经典晶体管电子线路300例	10120-0	13	200605
12	实用电子电路200例	11894-4	24	200507
13	农牧渔业经典实用电路	21416-8	18	200901
14	机动车与农机经典实用电路	21418-2	16	200911

图书团购联系人：李红勇
电话：010-88379766
E-mail：dgdzcmp@sina.com

电工电子名家畅销书系

书名	作者（主编）
图解电工口诀	才家刚
图解电工基础	郎永强
图解电工技能入门	杨清德
图解维修电工技能一点通	黄海平
图解家装电工技能一点通	周志敏
图解当代电工室内电气配线与布线一点通	流　耘
图解电动机使用入门与技巧	孙克军
图解低压电工上岗跟我学（双色版）	秦钟全
双色图解电工识图入门	郑凤翼
双色图解万用表检测电子元器件	韩雪涛
双色图解电子元器件核心知识与选用	胡　斌
图解电子电路一点通	姜有根
图解万用表使用从入门到精通	孙立群
图解LED应用从入门到精通	刘祖明
图解小家电维修从入门到精通	阳鸿钧
图解液晶彩色电视机检修从入门到精通	杨成伟
图解液晶彩电开关电源维修技能快训	张新德
图解电动自行车/三轮车维修从入门到精通	刘遂俊
全彩图解空调器维修从入门到精通	李志锋
图解PLC技术问答	张运刚
图解变频器技术问答	咸庆信
图解PLC技术一点通	李长军
图解数控电气一点通	李方园
图解变频器使用与电路检修	蔡杏山
电工电子实用电路365例	王兰君
简明实用电工查算手册	方大千
常见电气故障排除技术技能手册	白玉岷

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/数控电气
ISBN 978-7-111-45066-5
ISBN 978-7-89405-246-9(光盘)
策划编辑◎林春泉

ISBN 978-7-111-45066-5
9 787111 450665 >
定价：39.90元（含1CD）